



UFRJ

Gabriela Boonen Ferreira

**ESTRATIGRAFIA E PALEOAMBIENTES NA SUCESSÃO BASAL DA
FORMAÇÃO TIRADENTES, MESOPROTEROZÓICO,
SÃO JOÃO DEL REI, MINAS GERAIS**

**Trabalho de Conclusão de Curso
Geologia**

UFRJ
Rio de Janeiro
Fevereiro de 2017



UFRJ

**ESTRATIGRAFIA E PALEOAMBIENTES NA SUCESSÃO BASAL DA
FORMAÇÃO TIRADENTES, MESOPROTEROZÓICO,
SÃO JOÃO DEL REI, MINAS GERAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso de
Graduação em Geologia do Instituto de
Geociências, Universidade Federal do Rio
de Janeiro – UFRJ, apresentado como
requisito necessário para obtenção do grau
de Bacharel em Geologia.

Orientador: André Ribeiro

Co-orientador: Felipe Nepomuceno

Ferreira, Gabriela Boonen

Estratigrafia e paleoambientes na sucessão basal da Formação Tiradentes,
Mesoproterozóico, São João del Rei, Minas Gerais / Gabriela Boonen
Ferreira - Rio de Janeiro: UFRJ / IGEO, 2017.

ix, 32 pp., 4 anexos

Trabalho Final de Curso (Bacharelado em Geologia) – Universidade
Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento de
Geologia, 2017.

Orientador: André Ribeiro, Co-orientador: Felipe Nepomuceno

1. Estratigrafia 2. Paleoambientes 3. Formação Tiradentes
4. Mesoproterozóico 5. São João del Rei, Minas Gerais

Gabriela Boonen Ferreira

**ESTRATIGRAFIA E PALEOAMBIENTES NA SUCESSÃO BASAL DA
FORMAÇÃO TIRADENTES, MESOPROTEROZÓICO,
SÃO JOÃO DEL REI, MINAS GERAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso de
Graduação em Geologia do Instituto de
Geociências, Universidade Federal do Rio
de Janeiro – UFRJ, apresentado como
requisito necessário para obtenção do grau
de Bacharel em Geologia.

Orientador: André Ribeiro

Co-orientador: Felipe Nepomuceno

Aprovada em:

Por:

Orientador: André Ribeiro (UFRJ)

Débora Barros Nascimento (UFRJ)

Rudolph Allard Johannes Trouw (UFRJ)

Agradecimentos

Por toda conquista alcançada, meu maior agradecimento sempre será aos meus grandes amores: pai e mãe. Mesmo estando a alguns quilômetros de distância nestes 5 anos, sempre foram presentes e me lembraram do quanto eu era capaz de chegar aonde quisesse. Agradeço por cada valor que me foi passado e me espelho em vocês como pessoas, pais e casal. Mãe, obrigada por acreditar em mim, sempre.

Sem dúvidas, se não tivesse ganhado o grande amigo e orientador André Ribeiro, a vida por aqui não seria a mesma. Você é uma das pessoas de melhor coração que já conheci e vou carregar nossa amizade sempre comigo. Obrigada pela força, pelos conhecimentos geológicos e principalmente da vida, passados a cada carona.

Agradeço aos fiéis amigos que a Geologia me deu, tanto aos que desde 2012 estão junto a mim, quanto aos da J2-028, mais tardios. Os diversos momentos da vida acadêmica, principalmente os trabalhos de campo, se tornaram mais prazerosos e memoráveis, pela companhia de vocês. Obrigada pela ajuda na construção do meu pensamento geológico.

Agradeço ao Felipe, que é antes de tudo, meu maior companheiro. Você suavizou qualquer momento difícil e potencializou as minhas felicidades, sempre me incentivando.

Resumo

A Formação Tiradentes é uma sucessão quartzítica mesoproterozóica interpretada como depósito litorâneo contemporâneo ao rifteamento que deu origem a porção média do Supergrupo Espinhaço. A base da formação constitui uma sequência transgressiva que pode ser subdividida em três associações de litofacies. A associação basal é composta por quartzitos grossos seixosos com laminação plano-paralela ou com estratificação cruzada acanalada de médio a grande porte. Os primeiros são interpretados como depósitos de praia de alta energia, e as facies acanaladas como canais de rios rasos e entrelaçados que distribuíam sedimentos para o litoral. A associação 2 é composta quartzitos com marcas de onda de corrente e onda, com estratificação cruzada de baixo ângulo, planar e acanalada, e com laminação plano-paralela. Com base no típico perfil de praia-face de praia, as facies podem ser agrupadas em pares ou em ciclos de sedimentação de tipo a) marcas de onda-laminação plano-paralela ou -estratificação cruzada de baixo ângulo e b) marca de onda-estratificação cruzada acanalada, que representam praia em tempo bom e ruim e pulsos transgressivos, respectivamente. A associação 3 é definida pela presença de estratificação cruzada de tipo *hummocky* e pelos pares *hummocky*-marcas de onda, predominantes, e menor proporção de *hummocky*-laminação plano-paralela e *hummocky*-estratificação cruzada acanalada. Estes pares ou ciclos caracterizam o efeito deposicional de tempestades em ambiente de face de praia inferior; média e superior, respectivamente. A sobreposição das associações de face de praia sobre praia registram o avanço das facies sobre o continente e caracterizam uma sequência transgressiva na base da Formação Tiradentes. O predomínio de paleocorrentes para norte (noroeste, nordeste) e de cristas de marcas de onda de direção NE-SW indicam uma linha de costa NE-SW com o continente a norte.

Índice de figuras

Figura 1. Área de estudo (círculo vermelho) e acesso a partir do Rio de Janeiro, passando por Barbacena. Fonte: <i>Google Maps</i> , 2017.	2
Figura 2. As serras do Lenheiro (L) e São José (J) na região de São João del Rei, no sul de Minas Gerais. Fonte: <i>Google Earth</i> , 2016.	2
Figura 3. Localização da área em relação ao Cráton São Francisco e Supergrupo Espinhaço.	3
Figura 4. Mapa geológico da área de São João del Rei, modificado de Ribeiro et al., 2003.	4
Figura 5. A) O possível arcabouço pré-brasiliiano e dados geocronológicos das formações Tiradentes, Carandaí e do Grupo Andrelândia. B) Reconstituição regional esquemática. Simplificado de Ribeiro et al., 2013.	5
Figura 6. Coluna estratigráfica das unidades expostas na região São João del Rei -Tiradentes - Prados. Embasamento Paleoproterozóico indiviso. Modificado de Ribeiro et al., 2013.	8
Figura 7. Localização dos perfis (traço vermelho) em mapa simplificado, legenda na figura 4.	9
Figura 8. Tabela mostrando as litofácies identificadas. Ams e Av – fácies de ocorrência local. Adaptado de Miall, 1996.	10
Figura 9. Marcas de onda assimétricas, com cristas de baixa sinuosidade de rumo NE-SW (75°-235°) registrando paleocorrente para SE. Perfil 1, Serra do Lenheiro.	11
Figura 10 Marcas de onda simétricas de crista reta ou pouco sinuosa de rumo NE-SW (60°-240°). Perfil 2, borda leste da Serra de São José.	12
Figura 11. Relação entre velocidade de corrente (cm/s) e tamanho de sedimento (mm) em ambiente raso, profundidade < 1m. Diagrama segundo Nichols, 2013.	12
Figura 12. Marcas de onda assimétricas no Perfil 2; Serra de São José.	13
Figura 13. Marcas de onda atual em areia úmida em praia na Península de Maraú, sul da Bahia; análogo a marcas de onda encontradas na base da Formação Tiradentes.	13
Figura 14. Estratificação cruzada planar no Perfil 2, borda leste da Serra de São José.	15
Figura 15. Estratificação cruzada planar “falsa” espinha de peixe intercaladas em arenitos com laminação plano-paralela e com marcas de onda. Perfil 1, Serra do Lenheiro	15
Figura 16. Estrato composto por camadas com estratificação cruzada acanalada de grande porte truncando arenito com marcas de onda. Perfil 2, borda leste da Serra de São José.	16
Figura 17. A) e B) - estruturas de tipo <i>hummocky</i> e <i>swalley</i> truncando arenitos com laminação plano-paralela e marcas de onda. Perfil 1, Serra do Lenheiro.	18
Figura 18. Lineação de partição na superfície de acamamento em arenito com laminação plano paralela. Perfil 2, borda leste da Serra de São José.	19
Figura 19. Marcas de sola na base de arenito com laminação plano paralela registrando paleocorrente para NE. Perfil 2, borda leste da Serra de São José.	19
Figura 20. Vulcão de areia em camada delgada de arenito com marca de onda na borda leste de São José, Perfil 2.	20

Figura 21. Típica distribuição das litofacies arenosas em uma seção praia-face de praia. Marca de onda 1- simétrica e 2- assimétrica; 3- Estratificação cruzada planar de baixo ângulo; 4- Laminação plano paralela; Estratificação cruzada 5- planar tabular, 6- acanalada e 7- <i>hummocky</i> ; 8- Sedimentos finos. NBO – nível base de ondas de tempo bom.	21
Figura 22. Correlação entre os perfis estratigráficos levantados.	22

Índice de anexos

Anexo I - Perfil 1- perfil estratigráfico detalhado no flanco sul da Serra do Lenheiro.
Anexo II - Perfil 2 - perfil estratigráfico detalhado na borda leste da Serra de São José.
Anexo III - Perfil 3- perfil estratigráfico detalhado na parte central da Serra de São José.
Localização dos perfis 1, 2 e 3 na figura 7.
Anexo IV- Legenda dos perfis estratigráficos detalhados.

Índice

Capa	i
Agradecimentos	v
Resumo	vi
Índice de figuras	vii
Índice de anexos	viii
Índice	ix
1. Introdução	1
1.1. Objetivo	1
1.2. Metodologia	1
1.3. Logística	1
1.4. Localização geográfica da área investigada	1
2. Geologia Regional	3
2.1. Formação Tiradentes	6
2.1.1. Formação Tiradentes – breve histórico	6
2.1.2. Sequência Tiradentes	7
3. Geologia sedimentar - Perfis estratigráficos detalhados	9
3.1. Caracterização das litofácies	10
3.1.1. Arenito com marcas de onda (Amo)	11
3.1.2. Arenito com estratificação cruzada do tipo planar (Acp)	14
3.1.3. Arenito com estratificação cruzada acanalada (Aca)	14
3.1.4. Arenito com laminação plano-paralela (App)	16
3.1.5. Arenito com estrutura cruzada de tipo <i>hummocky</i> (Ach)	17
3.1.6. Arenito com lineação de partição (Alp)	17
3.1.7. Arenito com marcas de sola (Ams)	17
3.1.8. Arenitos maciços ou com estrutura não identificada (Ams)	20
3.1.9. Arenito com vulcão de areia (Av)	20
3.2. Associações de litofácies	21
3.2.1. Associação de litofácies A1	23
3.2.2. Associação de litofácies A2	23
3.2.3. Associação de litofácies A3	24
4. Paleocorrentes	26
5. Conclusões	28
6. Referências Bibliográficas	29
7. Anexos	32

1. Introdução

1.1. Objetivo

Este trabalho visa caracterizar a estratigrafia e paleoambientes da sucessão basal da Formação Tiradentes, uma unidade quartzítica do Mesoproterozóico. Para tal fim foram levantados três perfis estratigráficos detalhados, em escala 1:20. Trata-se de uma colaboração para o entendimento da história deposicional da Formação Tiradentes.

O trabalho faz parte de investigações geológicas na região de Tiradentes no sul de Minas Gerais, desenvolvidas por pesquisadores do Departamento de Geologia da UFRJ desde a década de 1990.

1.2. Metodologia

Foram feitas análise bibliográfica, trabalhos de campo e de gabinete, sendo gerados perfis estratigráficos colunares detalhados.

A análise bibliográfica incluiu estudos sobre a geologia da área e da Formação Tiradentes e trabalhos conceituais sobre estratigrafia e paleoambientes deposicionais.

Os trabalhos de campo consistiram no levantamento de perfis estratigráficos colunares em escala 1:20, sendo um perfil no flanco sul da Serra do Lenheiro e dois na Serra de São José de Tiradentes. Estes trabalhos foram realizados em agosto de 2016, totalizando 18 dias de campo, tendo como base de localização imagens de satélite do *Google Earth* com topografia adquirida com SRTM e a Carta Topográfica Especial São João del Rei, do Serviço Geográfico do Exército de 1994. O datum utilizado foi o WGS 84. Os perfis, mapas e figuras gráficas foram confeccionados no software *CorelDraw X8*.

1.3. Logística

O trabalho de campo contou com suporte logístico do Estágio de Campo I do Departamento de Geologia da UFRJ, realizado em agosto de 2016.

1.4. Localização geográfica da área investigada

O melhor acesso a área de estudo a partir do Rio de Janeiro é feito pela BR-040 até Barbacena e em seguida, pela BR-265 até São João del Rei ou Tiradentes (Fig. 1). A Formação Tiradentes aflora nas serras do Lenheiro e São José na região de São João del Rei, no sul de Minas Gerais (Fig. 2).

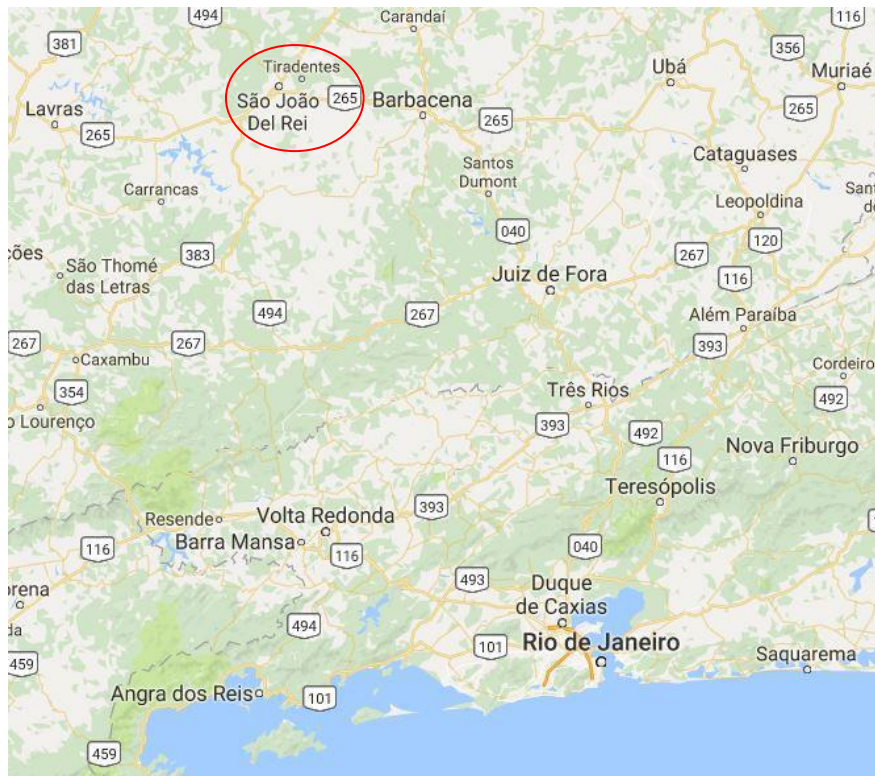


Figura 1. Área de estudo (círculo vermelho) e acesso a partir do Rio de Janeiro, passando por Barbacena. Fonte: *Google Maps*, 2017.



Figura 2. As serras do Lenheiro (L) e São José (J) na região de São João del Rei, no sul de Minas Gerais. Fonte: *Google Earth*, 2016.

2. Geologia Regional

A área de estudo situa-se na borda sul do Cráton São Francisco (Fig. 3), onde afloram sucessões metassedimentares mesoproterozoicas e neoproterozoicas em discordância sobre embasamento Paleoproterozoico (Fig. 4). Ocorrem também debritos e pelitos cenozoicos, sedimentos fluviais e depósitos de talus recentes.

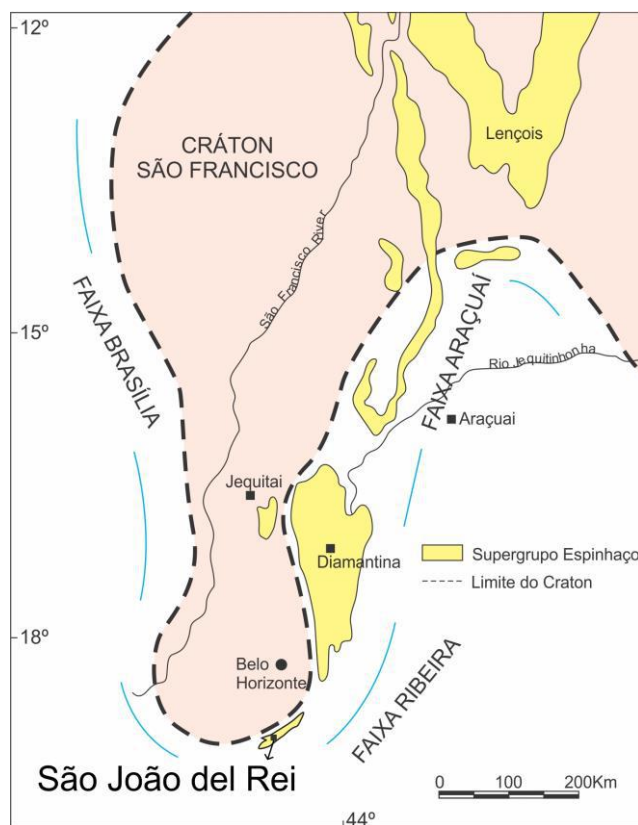


Figura 3. Localização da área em relação ao Cráton São Francisco e Supergrupo Espinhaço.

O embasamento Paleoproterozoico é formado essencialmente por faixas do tipo *greenstone*, incluindo rochas metassedimentares e metaígneas vulcânicas e plutônicas, félsicas até ultramáficas. Ocorrem também corpos plutônicos de composição gabróica até granítica (Fig. 4). Estas rochas são relacionadas à evolução do Cinturão Mineiro e registram deformação e metamorfismo no intervalo entre 2.23 e 2.00 Ga (e.g., Teixeira et al., 2000; Alkmim, 2004; Ávila et al., 2010). Sobre o embasamento afloram as sucessões das formações Tiradentes e Carandaí, do Mesoproterozoico; Barroso de idade indefinida, meso- ou neoproterozóica; e Prados possivelmente neoproterozóica. Logo a sul da área ocorrem sucessões neoproterozoicas do Grupo Andrelândia (Figs. 4 e 5).

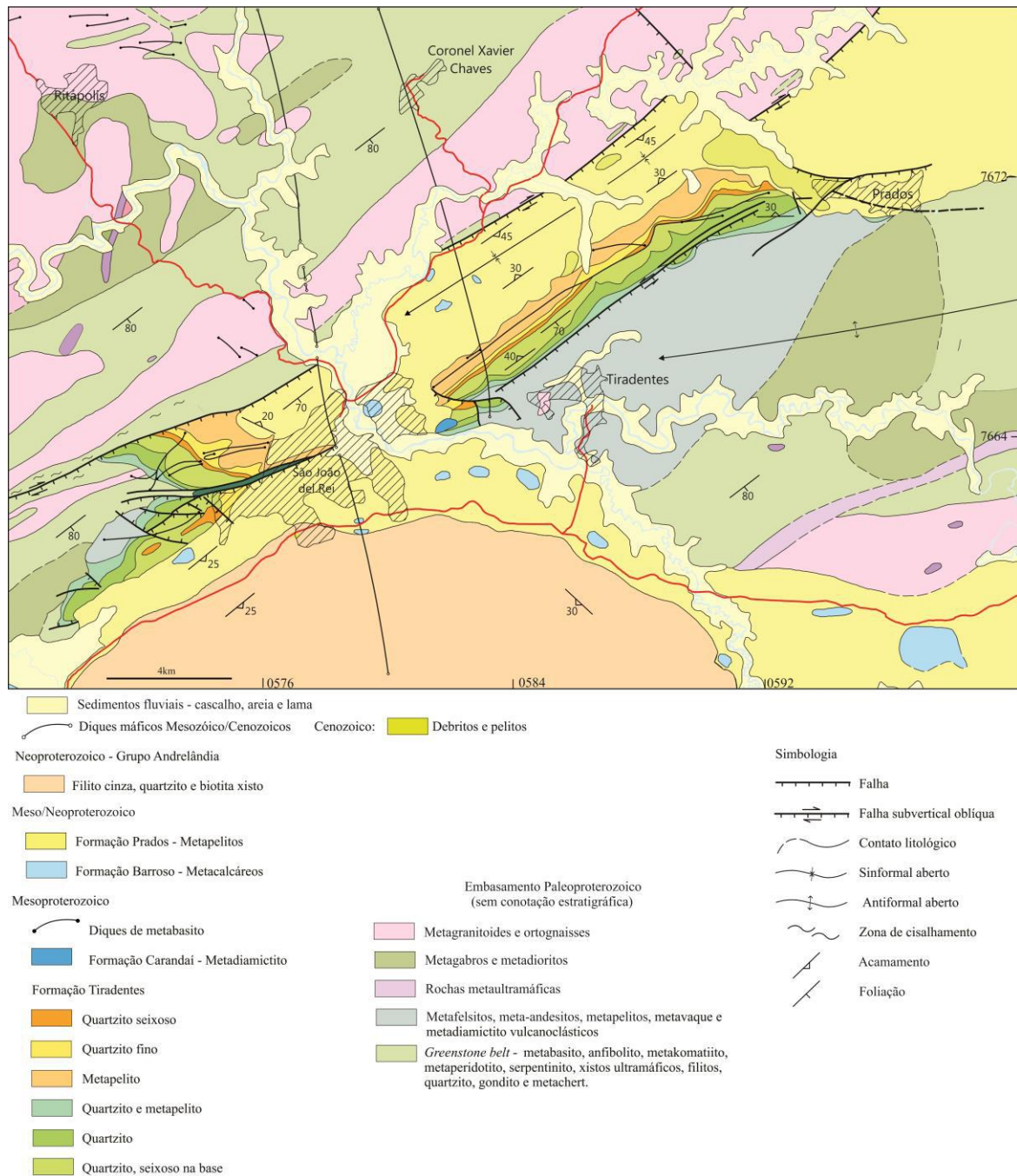


Figura 4. Mapa geológico da área de São João del Rei, simplificado de Ribeiro et al., 2003.

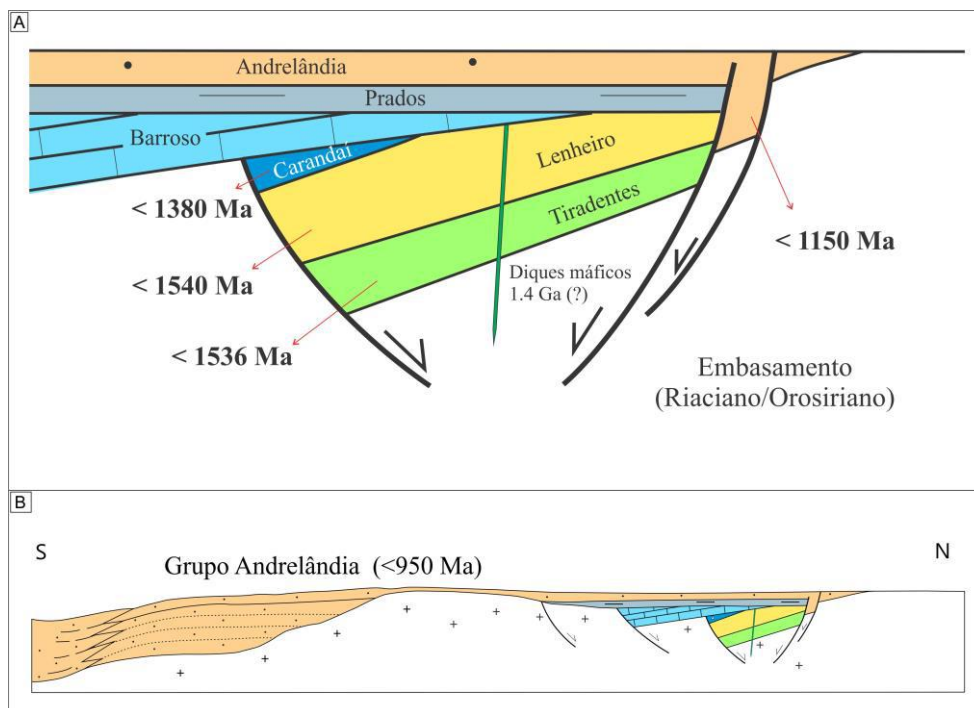


Figura 5. A) O possível arcabouço pré-brasiliano e dados geocronológicos das formações Tiradentes, Carandaí e do Grupo Andrelândia. B) Reconstituição regional esquemática. Simplificado de Ribeiro et al., 2013.

As sucessões das formações Tiradentes, Carandaí e Barroso registram deposição em bacia intracontinental (Ribeiro et al., 1995; Ribeiro, 1997). O Grupo Andrelândia inclui duas sequências, a inferior, de rochas metassedimentares (gnaisse, quartzitos, xistos) e anfibolito interpretada como de margem continental passiva, com idades em torno de 950Ma. A superior, com biotita xistos feldspáticos interpretada como de bacia de ante-país com idade em torno de 640Ma (Paciullo et al., 2000; Valeriano et al., 2004; Valladares et al., 2004; Belem et al. 2011; Trouw et al., 2013; Ribeiro et al., 2013). Estas sucessões foram deformadas e metamorfisadas durante a orogenia brasiliana (Trouw et al., 2013). Na área de estudo as rochas da Formação Tiradentes registram facies xisto verde com cianita.

As principais estruturas na área são o Sinclinal de Águas Santas e o Anticlinal do Lenheiro. Trata-se de dobras abertas com flancos NW e SE e dobras parasíticas assimétricas com vergência para NW. As dobras têm clivagem plano axial com alto mergulho para SE e eixos de baixo caimento, ca. 10° para NE (Valeriano, 1985). São truncadas pela Falha do Lenheiro, uma falha normal reativada na orogenia brasiliana como oblíqua dextral. Ocorrem também sistemas de falhas normais NE-SW e NW-SE,

sin-deposicionais com a Formação Tiradentes, também reativados durante a orogenia brasileira. No Cenozoico ocorreu nova reativação de falhas que deram origem a debritos cenozoicos (Ribeiro et al., 2003; Fig. 4).

2.1. Formação Tiradentes

A Formação Tiradentes é uma sucessão com cerca de 1000m de espessura composta por quartzitos, menor proporção de metapelitos e, localmente, metacalcário com estromatólito (Ebert, 1957; Ribeiro et al., 2003). A formação assenta em discordância angular e litológica sobre o embasamento Paleoproterozóico (Fig. 4), é cortada por diques de metabasito e coberta em discordância pelas formações Carandaí, Barroso e Prados (Figs. 4 e 5). Os quartzitos basais registram paleoambiente marinho raso (Ebert, 1957; Valeriano, 1985; Noce, 1987) de praia, face de praia e lagunar, que compõe a plataforma Tiradentes (Ribeiro et al., 2003). Estes, são cobertos por metapelitos, quartzitos e quartzitos seixosos que foram interpretados como o registro de um delta de rio entrelaçado (Ribeiro et al., 2003). Idades U-Pb de ca. de 1.5Ga foram obtidas tanto para os quartzitos basais como os de topo (Fig. 5) permitindo uma correlação com o Supergrupo Espinhaço (Fig.3; Ribeiro et al., 2013).

2.1.1. Formação Tiradentes – breve histórico

As primeiras menções aos quartzitos das serras do Lenheiro e São José são de Derby (1905, *in* Oliveira e Leonardos, 1943) que os comparou a Série Lavras da Serra do Espinhaço. Devido à presença de ouro a sucessão foi estudada por vários pesquisadores nas décadas de 1920 e 1930 (eg. Guimarães, 1931, *in* Oliveira e Leonardos, 1943), porém os quartzitos somente foram nomeados como Formação Tiradentes por Leonardos em 1940. Posteriormente, Ebert (1957) dividiu a formação em três membros: quartzitos inferiores, siltitos e dolomitos do andar médio e quartzitos superiores. Considerou a sucessão como formada por depósitos marinhos rasos. Nas pesquisas posteriores, de cunho estrutural, foi mantida a divisão de Ebert (1957) com poucas modificações (Trouw et al., 1983, 1984; Karfunkel e Noce, 1983; Valeriano, 1985; Noce, 1987a; Machado Filho et al., 1983). Em estudos seguintes a formação foi subdividida em duas sequências: Tiradentes na base e Lenheiro no topo (Andreis et al., 1989a, b). Mapeamento detalhado e levantamento de perfis estratigráficos levaram a uma nova divisão em quatro sequências deposicionais (Tiradentes, São José, Tejuco e Lenheiro) como mostrado na figura 6.

O presente trabalho visa caracterizar as litofácies e associações de litofácies e interpretar o paleoambiente da sequência basal da Formação Tiradentes, denominada Sequência Tiradentes (Ribeiro et al., 2003).

2.1.2. Sequência Tiradentes

Segundo Ribeiro et al. (2003, 2013) esta unidade inclui duas associações: a) basal com 60 metros de espessura máxima, constituída por quartzitos grossos seixosos com laminação plano-paralela e estratificação cruzada acanalada; b) de topo com cerca de 100 metros de espessura máxima, composta por quartzitos com marcas de onda e estratificação cruzada planar e acanalada. Os autores citam a presença de marcas de onda simétrica, assimétrica e de interferência e, localmente, de vulcões de areia. Estas duas associações foram interpretadas como depósitos de praia e face de praia de uma sequência marinha transgressiva. Cristas de marcas de onda indicam linha de costa NE-SW e as marcas de onda assimétricas e estratificação cruzada registram predomínio de paleocorrentes no sentido NE (Fig. 6).

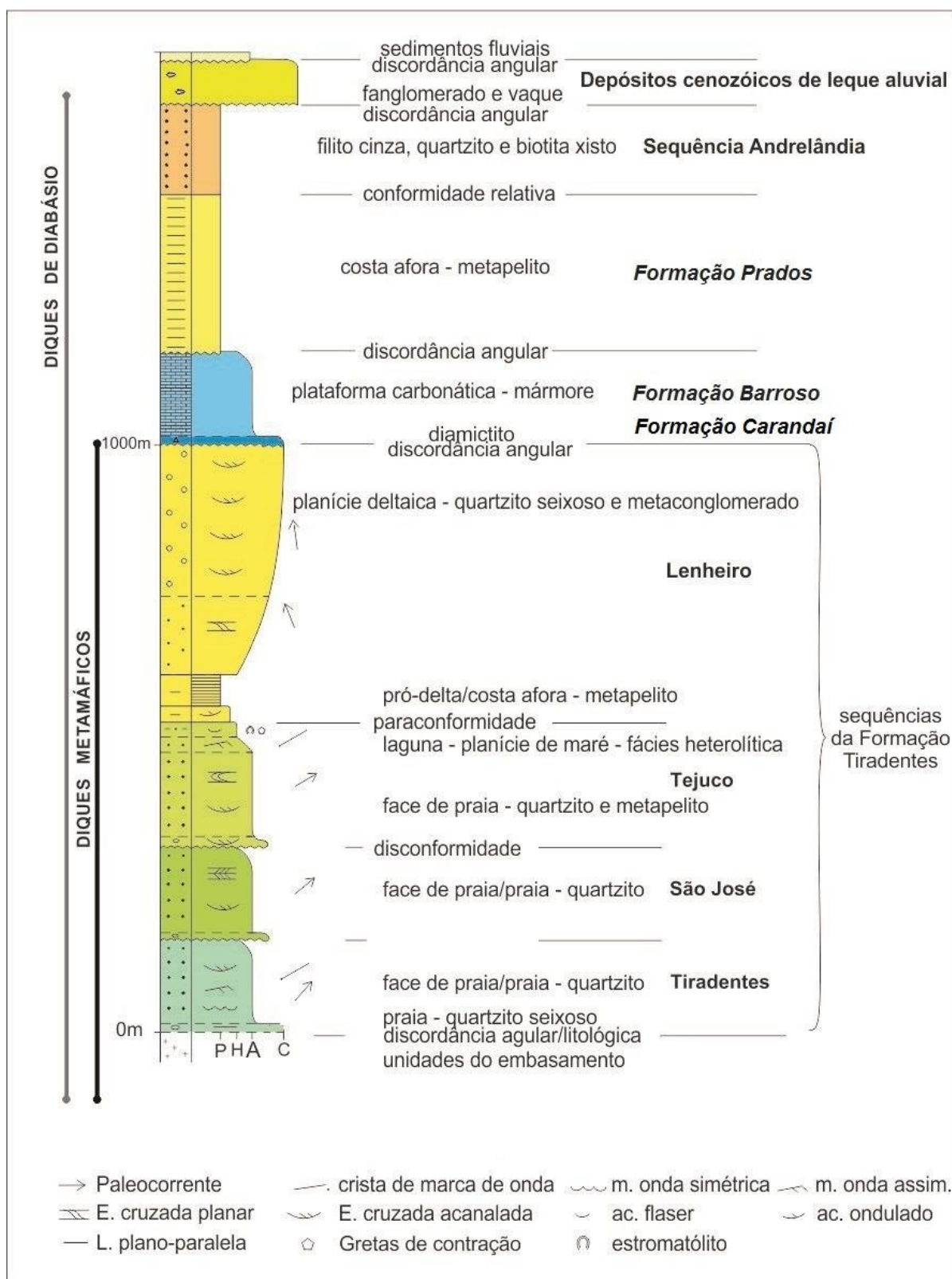


Figura 6. Coluna estratigráfica das unidades expostas na região São João del Rei - Tiradentes - Prados. Embasamento Paleoproterozóico indiviso. Modificado de Ribeiro et al., 2013.

3. Geologia sedimentar – Perfis estratigráficos detalhados

Nos três perfis levantados na base da Formação Tiradentes (Anexos I, II, III e IV; Fig. 7) foram reconhecidas 9 litofacies quartzíticas (Fig. 8) e três associações (A1, A2 e A3) descritas e interpretadas no item 3.2. Trata-se quartzitos grossos, seixosos ou não, médios e finos compostos essencialmente por quartzo e mica branca, e localmente cianita. Apresentam marcas de onda, vários tipos de estratificação cruzada, incluindo *hummocky* e, localmente, estruturas penecontemporâneas geradas por fluidização. As distintas litofacies podem ocorrer em camadas isoladas ou agrupadas em estratos formados por duas ou mais camadas. Neste trabalho será utilizada classificação para espessura de camadas de acordo com Collinson e Thompson (1982; figura 2.3): lâminas < 1cm, camadas - delgadas 1-10cm, médias 10-30cm, espessa 30-100cm, muito espessa > 100cm. O termo estrato será usado para um conjunto de camadas, ou seja, um corpo composto por duas ou mais camadas.

A recrystalização em parte modificou a textura original o que dificulta a distinção detalhada da granulometria. Porém, as estruturas sedimentares singenéticas primárias estão preservadas. Para facilitar a leitura no texto seguinte não será usado o prefixo “meta-“, que deve anteceder o nome dos quartzito-arenitos.

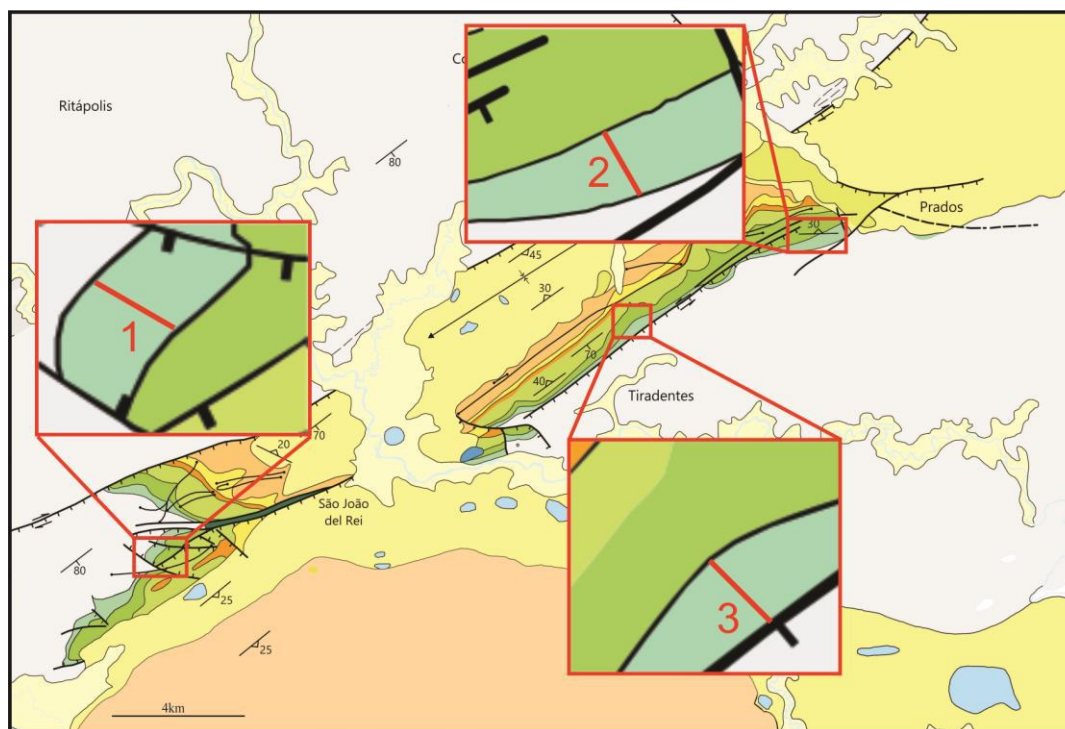


Figura 7. Localização dos perfis (traço vermelho) em mapa simplificado, legenda na figura 4.

--	--	--	--

Facies	Granulometria	Estruturas sedimentares	Interpretação
Amo	Areia fina a grossa	Marcas de onda assimétrica (de corrente) e simétrica (de onda)	Ondulações em regime de fluxo inferior
Acp	Areia fina a grossa	Estratificação cruzada planar tabular e de baixo ângulo	Migração de forma de leito de crista reta (duna 2D), em regime de fluxo inferior
Aca	Areia média a grossa	Estratificação cruzada acanalada	Migração de formas de leito de crista curva e descontínua (duna 3D), em regime de fluxo inferior alto
App	Areia média a grossa	Laminação plano-paralela	Transporte de areia em ambiente raso, em regime de fluxo superior
Ach	Areia média a grossa	Estratificação cruzada do tipo <i>hummocky</i>	Erosão do leito marinho por correntes de alta velocidade, seguida de redeposição rápida durante tempestades
Alp	Areia média	Lineação de partição em arenitos com laminação plano-paralela	Transporte de areia em ambiente raso, em regime de fluxo superior. Estrutura paralela à corrente
Ams	Areia média	Marcas de sola em arenitos com laminação plano paralela	Marcas de objeto e/ou longitudinais e outras marcas de sola geradas por correntes unidirecionais
Av	Areia fina a média	Vulcão de areia	Liquefação da areia devido à de onda de choque relacionada à terremoto
Am	Areia fina a grossa	Maciça ou laminação mal desenvolvida / estrutura não identificada	Origem secundária relacionada a recristalização metamórfica

Figura 8. Tabela mostrando as litofacies identificadas. Facies Ams e Av - ocorrência local. Adaptado de Miall, 1996.

3.1. Caracterização das litofacies

3.1.1. Arenito com marcas de onda (Amo)

As marcas de onda ocorrem em arenitos finos até grossos em camadas delgadas com menos de 5cm de espessura. Estas camadas com marcas de onda ocorrem isoladas ou agrupadas em estratos com até cerca de 4 metros de espessura (Perfil 1, coluna 2). Foram reconhecidas marcas de onda de crista reta ou pouco sinuosa, de seção assimétrica (Fig. 9) e simétrica (Fig. 10), às vezes com cristas arredondadas, e sistemas de interferência de marcas de onda. A maioria das cristas (> 80%) orientam-se na direção NE-SW e predominam paleocorrentes para SE (vide item 4).

As marcas de onda descritas se formam em regime de fluxo inferior (Fig. 11) e são produzidas por correntes unidirecionais (variedades assimétricas de crista reta e lingóides) ou por fluxos oscilatórios devidos a ação de ondas (simétricas de crista reta). Crista arredondada, crista dupla e sistemas de interferência denotam retrabalhamento em águas rasas, segundo Klein (1975) até 2m de profundidade (Figs. 12 e 13).



Figura 9. Marcas de onda assimétricas, com cristas de baixa sinuosidade de rumo NE-SW (75°-235°) registrando paleocorrente para SE. Perfil 1, Serra do Lenheiro.



Figura 10. Marcas de onda simétricas de crista reta ou pouco sinuosa de rumo NE-SW (60° - 240°). Perfil 2, borda leste da Serra de São José.

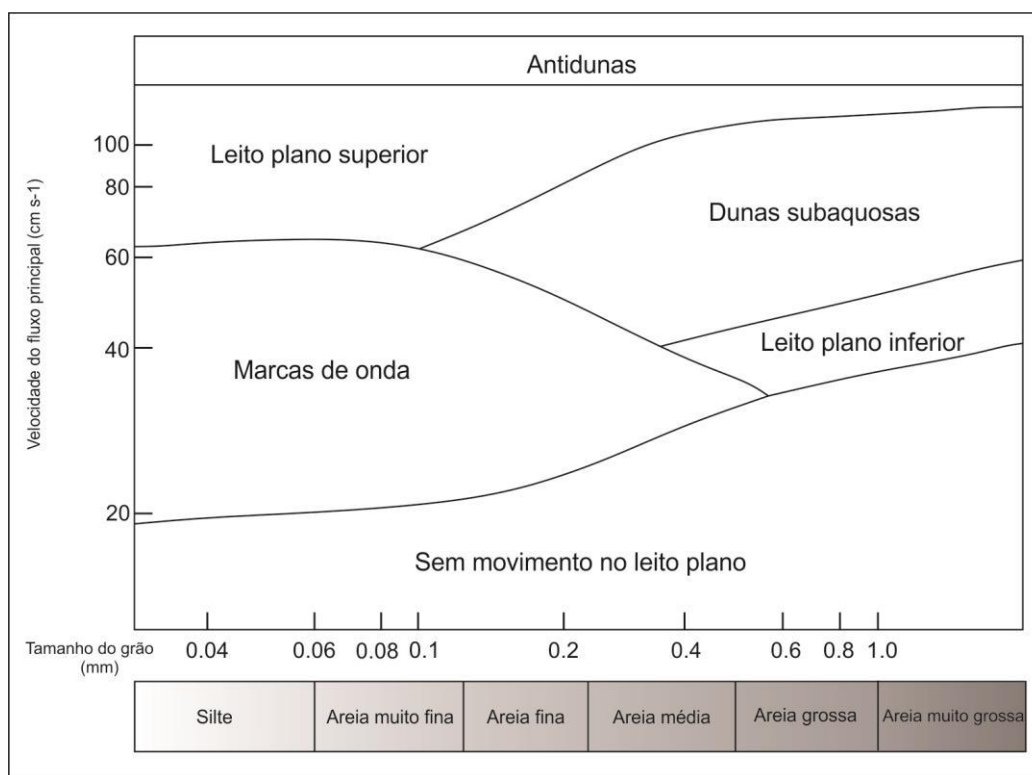


Figura 11. Relação entre velocidade de corrente (cm/s) e tamanho de sedimento (mm) em ambiente raso, profundidade < 1m. Diagrama segundo Nichols, 2013.



Figura 12. Marcas de onda assimétricas no Perfil 2; borda leste Serra de São José.



Figura 13. Marcas de onda em areia úmida, praia na Península de Maraú, sul da Bahia; análogo atual a marcas de onda encontradas na base da Formação Tiradentes.

3.1.2. Arenito com estratificação cruzada do tipo planar (Acp)

Estas estruturas ocorrem em arenitos finos até grossos, em camadas delgadas até espessas, e raramente ocorrem agrupadas, neste caso formando estratos com até cerca de 1 metro de espessura. Predomina o tipo planar tabular (Fig. 14), seguido de planar de baixo ângulo, localmente com marcas de onda no topo. Estas últimas, teoricamente têm mergulho das superfícies internas $< 15^\circ$. Superfícies de reativação (Perfil 3, coluna 4) são raras. Ocorrem também estruturas de tipo falsa espinha-de peixe (Fig. 15). Vetores de paleocorrentes para noroeste, nordeste e leste foram registrados (vide item 4).

Este tipo de estratificação é típico de regime de fluxo inferior, sendo um registro da ação de correntes trativas unidirecionais que promovem a migração de formas de leito arenosas de tipo duna de crista reta (formas de leito 2D; Ashley, 1990). As superfícies de reativação são escassas e geradas por erosão causada pela ação de ondas ou correntes, consequência da diminuição da profundidade da lâmina d'água ou mudança na direção de fluxo de maré.

3.1.3. Arenito com estratificação cruzada acanalada (Aca)

A litofacies Aac é frequente nos arenitos médios e ocorre pontualmente em arenitos grossos com grânulos e seixos espalhados (base do perfil 1). Formam camadas delgadas até espessas, isoladas ou agrupadas em estratos que chegam a 1,5 metros de espessura (Perfil 1). Nesta estrutura foram registradas paleocorrentes para noroeste (predominante), nordeste, sudeste e leste (vide item 4).

Esta litofacies é gerada em regime de fluxo inferior alto (Fig. 11) por correntes trativas unidirecionais. Registra a migração de formas de leito arenosas maiores que 5cm, de crista curva e descontínua, do tipo duna 3D (Ashley, 1990).



Figura 14. Estratificação cruzada planar no Perfil 2, borda leste da Serra de São José.



Figura 15. Estratificação cruzada planar “falsa” espinha de peixe intercaladas em arenitos com laminação plano-paralela e com marcas de onda. Perfil 1, Serra do Lenheiro.

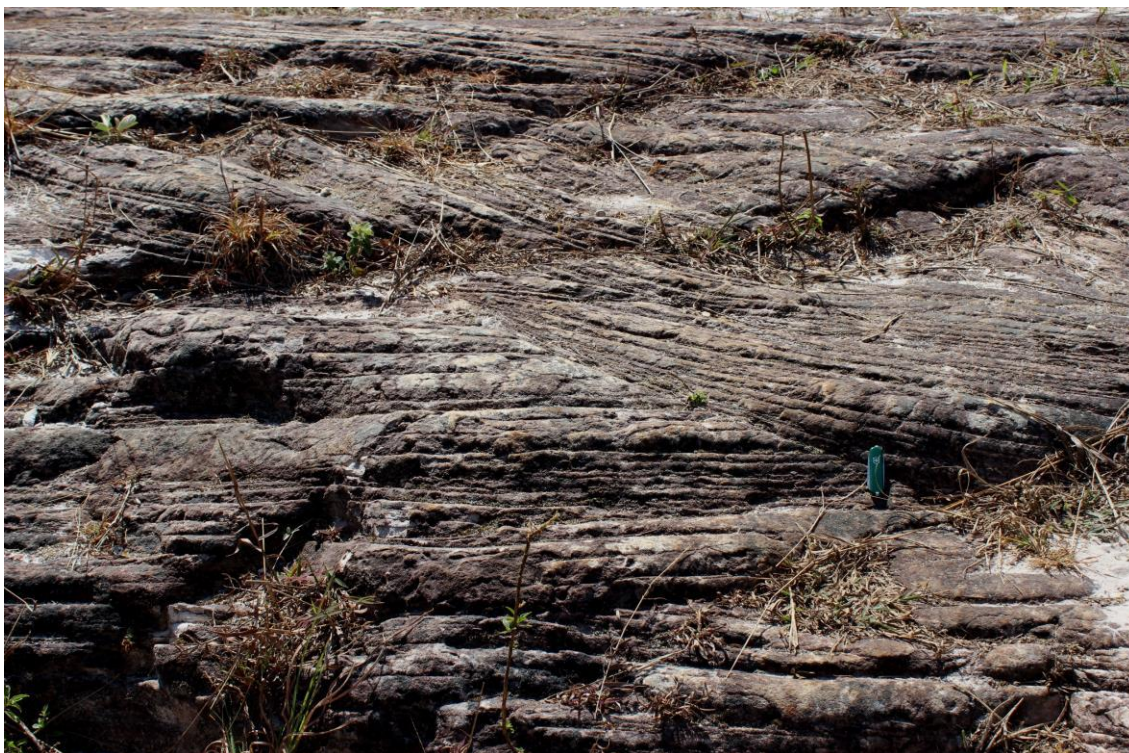


Figura 16. Estrato composto por camadas com estratificação cruzada acanalada de grande porte truncando arenito com marcas de onda. Perfil 2, borda leste da Serra de São José.

3.1.4. Arenito com laminação plano-paralela (App)

A estrutura ocorre nos três perfis, em arenitos médios e grossos em camadas delgadas isoladas ou agrupadas em estratos de até cerca de 2,5 metros como no Perfil 1. Ocorre também em arenitos grossos com seixos espalhados, na base do Perfil 2. As camadas com App intercalam-se em facies com marcas de onda, com estratificação cruzada tanto planar, como acanalada e *hummocky*. Em alguns pontos foram observadas marcas de onda no topo das camadas com laminação plano-paralela.

Esta estrutura tem origem relacionada ao transporte de areia, livre de micas, em ambiente raso e regime de fluxo superior (cf. Collinson e Thompson, 1982; Fig. 11). As camadas com marcas de onda no topo registram declínio da velocidade da corrente e a transição brusca para regime de fluxo inferior baixo.

3.1.5. Arenito com estrutura cruzada de tipo *hummocky* (Ach)

Esta estrutura ocorre em arenitos médios e pontualmente, em arenitos grossos (Perfil 2), na maioria das vezes associada a arenitos com marca de onda. O comprimento de onda é centimétrico e quando as camadas estão agrupadas formam estratos de até 50 centímetros de espessura (Perfil 1).

Estruturas do tipo *hummocky* consistem na superposição de lâminas onduladas e de relevo suave, cuja base trunca as camadas inferiores (Fig. 17). As estruturas são formadas por correntes de alta velocidade com forte componente oscilatório e capacidade de erodir o leito marinho nas plataformas durante períodos de tempestade. (cf. Boggs, 1992; Johnson & Baldwin, 1996).

3.1.6. Arenito com lineação de partição (Alp)

A estrutura foi observada em alguns pontos do Perfil 2, em arenitos médios com laminação plano-paralela e registra direção NE-SW (Fig. 18). Esta lineação é paralela a corrente em regime de fluxo superior (cf. Collinson e Thompson, 1982; Fig. 11) e ocorre tipicamente em arenitos com laminação plano-paralela (Davis, 1983).

3.1.7. Arenito com marcas de sola (Ams)

Esta facies inclui marcas de objeto, marcas longitudinais e outras marcas de sola de difícil distinção, que foram observadas localmente na base de camadas delgadas de arenitos médios com laminação plano paralela, no Perfil 2 (Fig. 19).



Figura 17. A e B - estruturas de tipo *hummocky* e *swalley* truncando arenitos com laminação plano-paralela e marcas de onda. Perfil 1, Serra do Lenheiro.



Figura 18. Lineação de partição na superfície de acamamento em arenito com laminação plano paralela. Perfil 2, borda leste da Serra de São José.

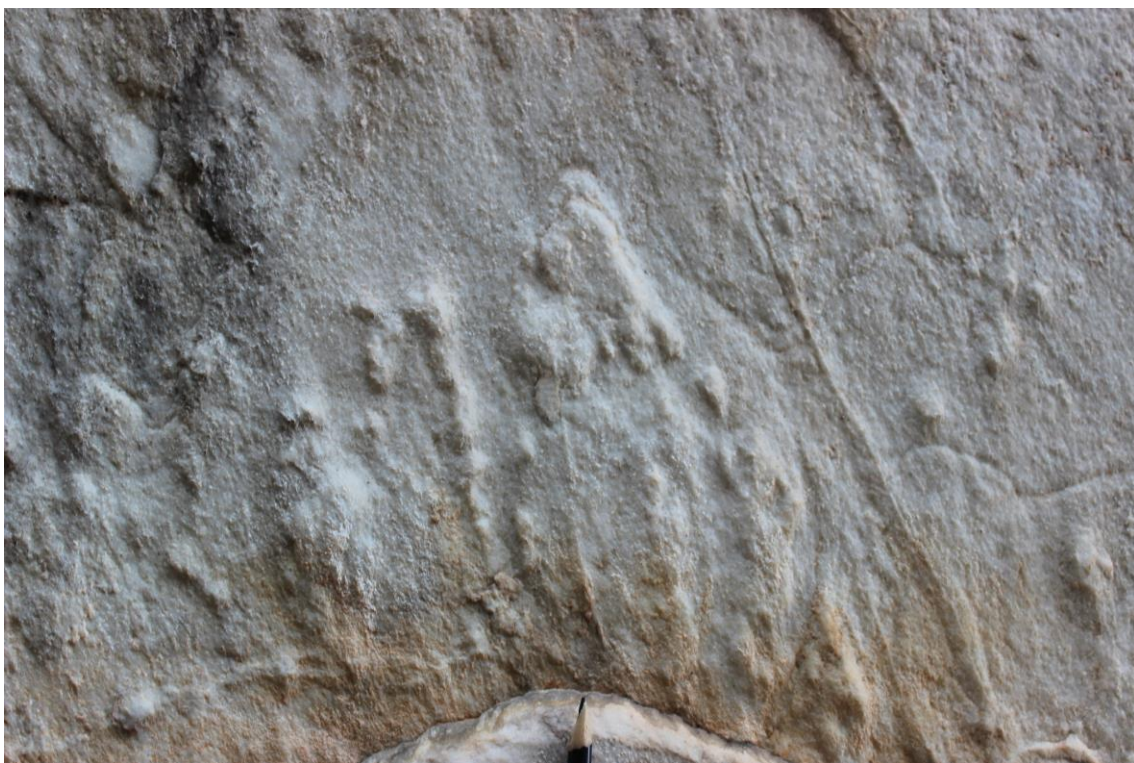


Figura 19. Marcas de sola na base de arenito com laminação plano paralela registrando paleocorrente para NE. Perfil 2, borda leste da Serra de São José.

3.1.8. Arenitos maciços ou com estrutura não identificada (Ams)

Esta facies ocorre nos três perfis em arenitos finos até grossos, em camadas e estratos centimétricos até cerca de 1,5 metro de espessura, intercalados em arenitos com estruturas típicas de tração, como marcas de onda e estratificação cruzada. Comumente, a estrutura maciça singenética primária se caracteriza por gradação interna normal e é gerada por fluxos gravitacionais. Também pode ser pene-contemporânea, relacionada a bioturbação ou fluidização. Nos perfis ocorre intercalada com estruturas típicas de tração em ambiente litorâneo, sem fluidização ou bioturbação associada. Os dados sugerem origem secundária relacionada a recristalização, que provavelmente ocorreu em camadas delgadas com marcas de onda ou laminação plano-paralela e, possivelmente, em zonas mais porosas e com alta circulação de fluidos.

3.1.9. Arenito com vulcão de areia (Av)

Vulcões de areia, com altura de até 10cm, ocorrem em camadas delgadas de arenitos finos a médios com marcas de onda ou laminação plano-paralela, no Perfil 2 (Fig. 20). A estrutura é gerada por liquefação de areia que extravasa na superfície gerando a morfologia de vulcão. A liquefação resulta de onda de choque relacionada a terremoto (Collinson e Thompson, 1982). A preservação dos vulcões indica ambiente de baixa energia, no caso, definido por marcas de onda incluindo as de interferência.



Figura 20. Vulcão de areia em camada delgada de arenito com marca de onda na borda leste de São José, Perfil 2.

3.2. Associações de litofacies

As estruturas sedimentares primárias sin-deposicionais permitiram identificar três associações de litofacies (A1, A2 e A3). Estas associações foram interpretadas como depósitos fluvial litorâneo, de praia e face de praia proximal e distal, respectivamente. Com base na típica seção de praia-face de praia de plataformas arenosas (Fig. 21) foram reconhecidos também ciclos de sedimentação, como por exemplo *hummocky*-marcas de onda.

Na ausência de uma superfície plana regional, por exemplo um corpo de pelito, para tentar fazer uma correlação entre os perfis levantados foi utilizado como datum a superfície basal da associação A2, que foi bem identificada nos três perfis. A correlação feita com base nas associações de litofacies é mostrada na figura 22.

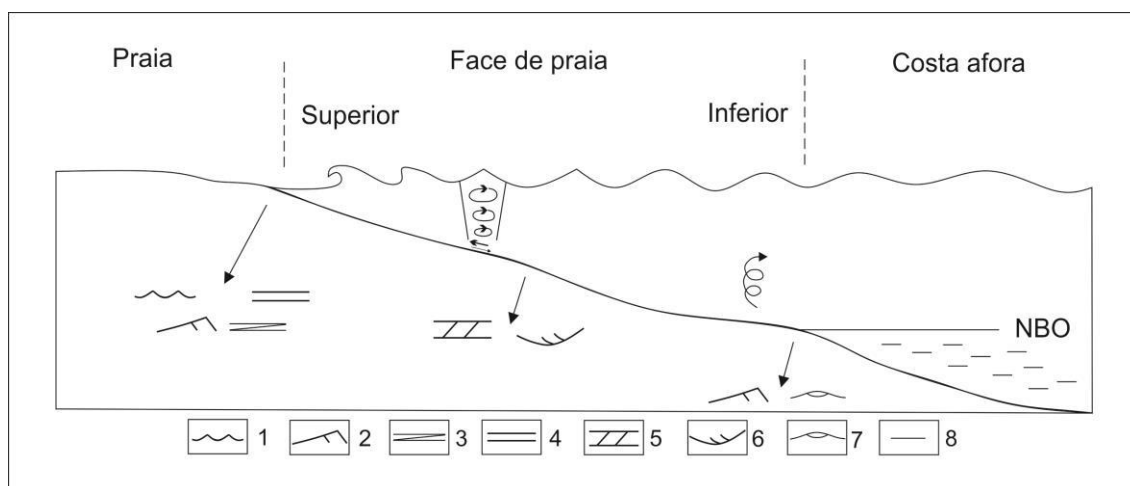


Figura 21. Típica distribuição das litofacies arenosas em uma seção praia-face de praia. Marca de onda 1- simétrica e 2- assimétrica; 3- Estratificação cruzada planar de baixo ângulo; 4- Laminação plano paralela; Estratificação cruzada 5- planar tabular, 6- acanalada e 7- *hummocky*; 8- Sedimentos finos. NBO – nível base de ondas de tempo bom.

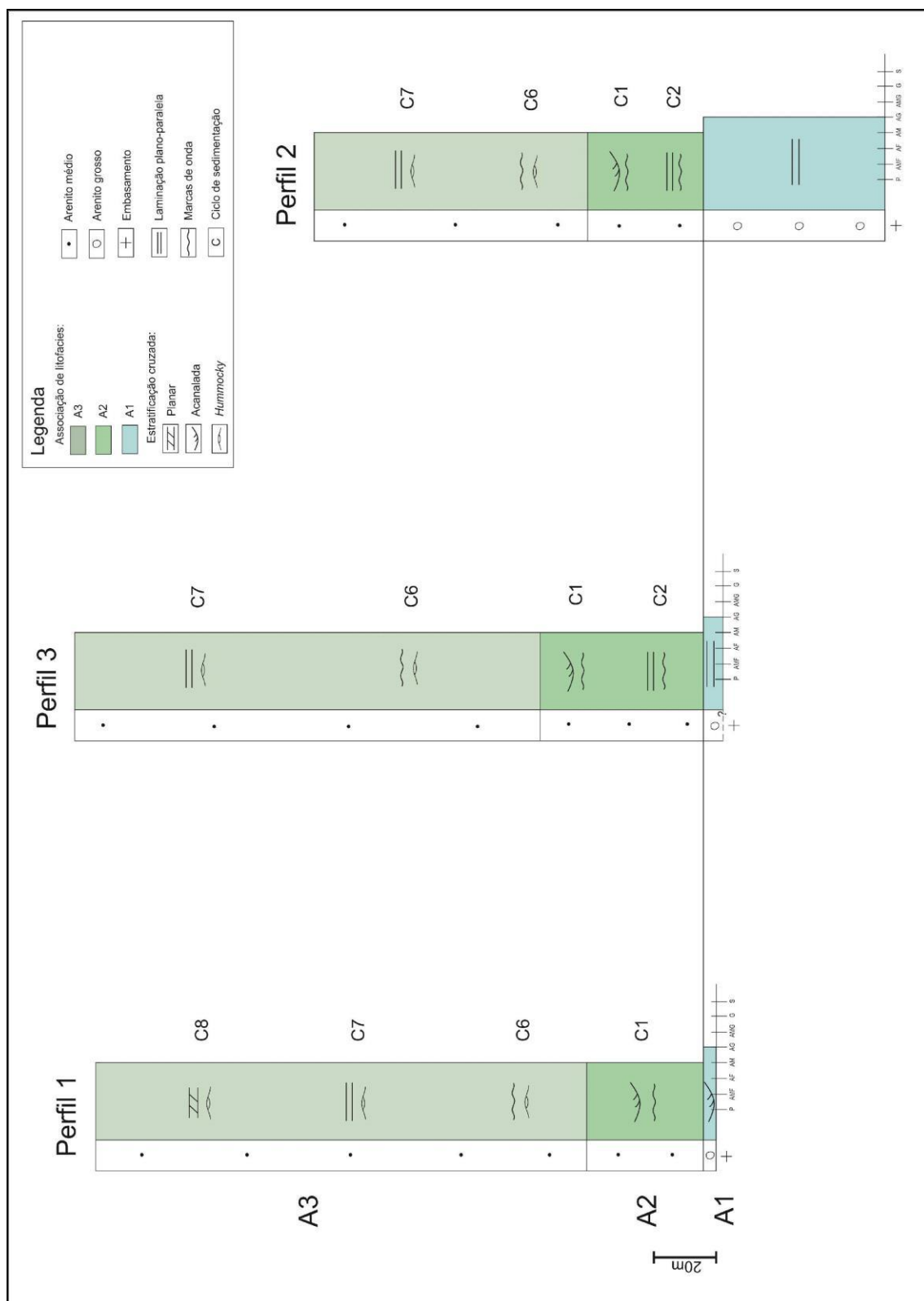


Figura 22. Correlação entre os perfis estratigráficos levantados.

3.2.1. Associação de litofacies A1

Esta associação ocorre na base da Formação Tiradentes, nos três perfis, alcançando espessuras de 3,5 metros no perfil 1 e de 25 metros no perfil 2. No perfil 3 a associação A1 aflora na escarpa da Serra de São José. Nesta área não foi possível levantar um perfil contínuo, mas foram observados afloramentos na escarpa e matacões na borda da escarpa. A espessura mínima na escarpa é estimada em 3 metros.

A associação A1 é caracterizada por arenitos grossos com grânulos e seixos espalhados, formando camadas delgadas a espessas com dois tipos de estruturas: laminação plano-paralela e estratificação cruzada acanalada. No Perfil 1 predomina estratificação cruzada acanalada de grande porte (50-100cm) agrupada em estratos de até 1,5m de espessura. No Perfil 2 predominam camadas médias (10-30cm) com laminação plano paralela e no Perfil 3, apesar da dificuldade de observação, predomina a laminação plano-paralela em camadas médias.

A laminação plano paralela em areia grossa seixosa registra transporte dos materiais em regime de fluxo superior em ambiente raso de alta energia. A estratificação cruzada acanalada se forma em regime de fluxo superior alto (Fig. 11), portanto de menor energia. Possivelmente os depósitos com laminação plano paralela representam praia e face de praia proximal de alta energia. A facies com estratificação cruzada acanalada pode representar canais na zona de face de praia proximal ou mesmo canais fluviais rasos que levaram sedimentos para o litoral.

3.2.2. Associação de litofacies A2

Nos três perfis a associação 2 cobre em contato brusco a associação 1; alcança espessuras de 16 metros no perfil 1; 24,4 metros no 2 e 22,4 metros no perfil 3.

A associação A2 é caracterizada por arenitos finos, médios e grossos com marcas de onda, a maioria assimétrica, laminação plano-paralela, estratificação cruzada acanalada e mais rara estratificação cruzada planar dos tipos tabular e de baixo ângulo. No perfis foram reconhecidos 5 tipos de ciclos:

- 1) marcas de onda - estratificação cruzada acanalada (ciclo predominante);
- 2) marcas de onda - laminação plano-paralela;
- 3) marcas de onda - estratificação cruzada de baixo ângulo;
- 4) marcas de onda - estratificação cruzada planar e
- 5) laminação plano-paralela - estratificação cruzada acanalada (apenas Perfil 3)

No Perfil 1 predomina o ciclo de tipo 1 e, em geral, os estratos são mais espessos que nos outros perfis. No Perfil 2 predomina o ciclo tipo 2, com uma interrupção a 10 metros da base, marcada por um estrato com estratificação cruzada acanalada de grande porte (Fig. 16). No Perfil 3 ocorrem intervalos encobertos e rochas recristalizadas dificultando o reconhecimento das estruturas de pequeno porte. Assim, como frequentemente no Perfil 3 é difícil distinguir camadas delgadas com laminação plano-paralela daquelas com marcas de onda, o ciclo de tipo 5 é contestável.

Os ciclos descritos podem ser interpretados como parasequências retrogradacionais ou pulsos transgressivos. No Perfil 2 a interrupção dos ciclos por um estrato com estratificação cruzada acanalada de grande porte (Fig. 16) pode representar uma incisão na plataforma, talvez com o avanço de pequeno canal fluvial durante um breve período de regressão forçada.

3.2.3. Associação de litofacies A3

A associação A3 se distingue das anteriores pela presença da estrutura *hummocky* e sua base foi marcada pela primeiro aparecimento desta estrutura. A associação alcança espessuras de 67,6, 37,6 e 63,6 metros nos perfis 1, 2 e 3, respectivamente. As outras facies, que também ocorrem na associação A2, são arenitos médios a grossos com marcas de onda, laminação plano-paralela e estratificação cruzada dos tipos acanalada, planar tabular e de baixo ângulo.

Foram reconhecidos nos três perfis os seguintes ciclos:

- 1) marcas de onda - laminação plano-paralela (ciclo predominante);
- 2) marcas de onda - estratificação cruzada de baixo ângulo
- 3) marcas de onda - estratificação cruzada planar
- 4) marcas de onda - estratificação cruzada acanalada
- 5) laminação plano-paralela - estratificação cruzada acanalada
- 6) *hummocky* - marca de onda
- 7) *hummocky* - laminação plano-paralela
- 8) *hummocky* - estratificação cruzada planar

Além destes, foram observadas sucessões de camadas, sem ciclicidade aparente:

- a) marcas de onda - laminação plano-paralela - estratificação cruzada acanalada
- b) laminação plano-paralela – estratificação cruzada planar
- c) laminação plano-paralela - cruzada de baixo ângulo ou acanalada.

A estrutura *hummocky* é abundante no Perfil 1 onde forma ciclos tipos 6, 7 e 8. Ocorre também amalgamada em estratos de até 50 cm. Nos perfis 2 e 3 é pouco frequente e ocorre em camadas delgadas nos ciclos de tipo 6 e 7. No Perfil 3 ocorrem intervalos encobertos e rochas recristalizadas dificultando a identificação de estruturas de pequeno porte e possíveis ciclos.

Os ciclos 1 e 2 devem registrar alternância de períodos de tempo bom com baixa energia na praia e de maior energia e reorganização do perfil de praia (estratificação cruzada de baixo ângulo) e tempestade (laminação plano-paralela). Os ciclos 3, 4 e 5 podem ser considerados parassequências retrogradacionais ou pulsos transgressivos. Os ciclos com a estrutura *hummocky* ocorrem na zona de face de praia inferior (6), médio (7) e superior (ciclo 8). As sucessões de tipo a, b e c podem representar pulsos transgressivos.

4. Paleocorrentes

Durante os trabalhos de campo foram feitas 134 medidas de vetores de paleocorrentes em estruturas cruzadas e marcas de onda. Foram medidas também a direção de lineação de partição e de cristas de marcas de onda.

A paleocorrente predominante na área de estudo, incluindo as estruturas cruzadas e marcas de onda, tem sentido da corrente para NE. As estratificações cruzadas registram predomínio de paleocorrentes dirigidas para NW. As do tipo planar tabular variam entre NE, E e SW no Perfil 1, para NW e NE no Perfil 2 e no Perfil 3 o predomínio é para NW. A estratificação cruzada planar de baixo ângulo é mais frequente no Perfil 3, onde registra sentido da corrente para NW. A estratificação cruzada acanalada registra paleocorrentes dirigidas para E-SE, NE e NW nos perfis 1, 2 e 3, respectivamente.

Nas marcas de onda as paleocorrentes são para NE no Perfil 1, enquanto nos perfis 2 e 3 o predomínio é para SE e SW, respectivamente. A maioria das cristas destas estruturas registra direção NE-SW em todos os três perfis.

As marcas de sola e lineação de partição, encontradas apenas no Perfil 2, registram paleocorrentes dirigidas para NE.

Os sentidos de paleocorrentes e a direção de cristas de marcas de onda de todos os três perfis são mostrados nas rosetas abaixo (Figs , 23, 24 e 25).

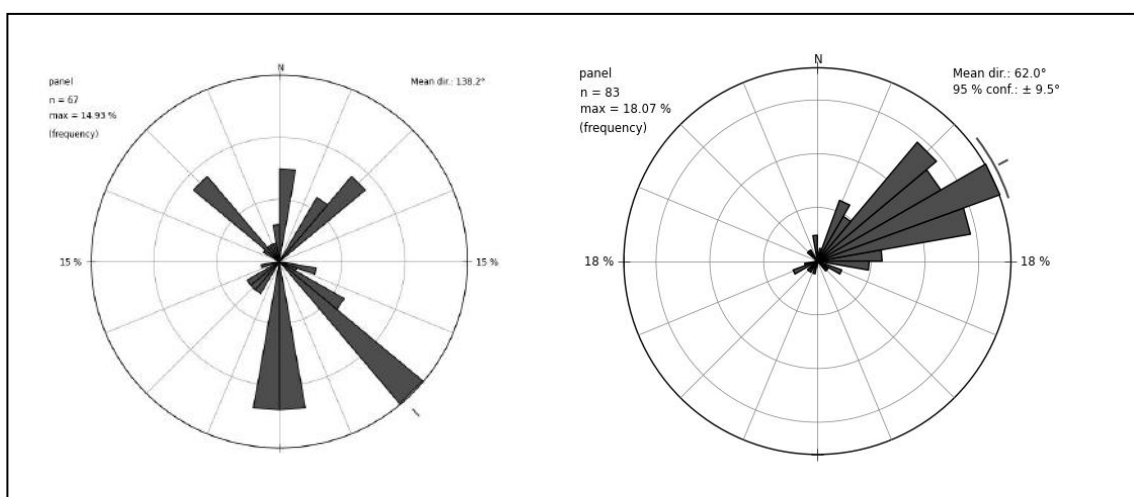


Figura 23. Diagramas com as medidas em marcas de onda, nos três perfis: A) paleocorrente e B) direção de crista (NE-SW) .

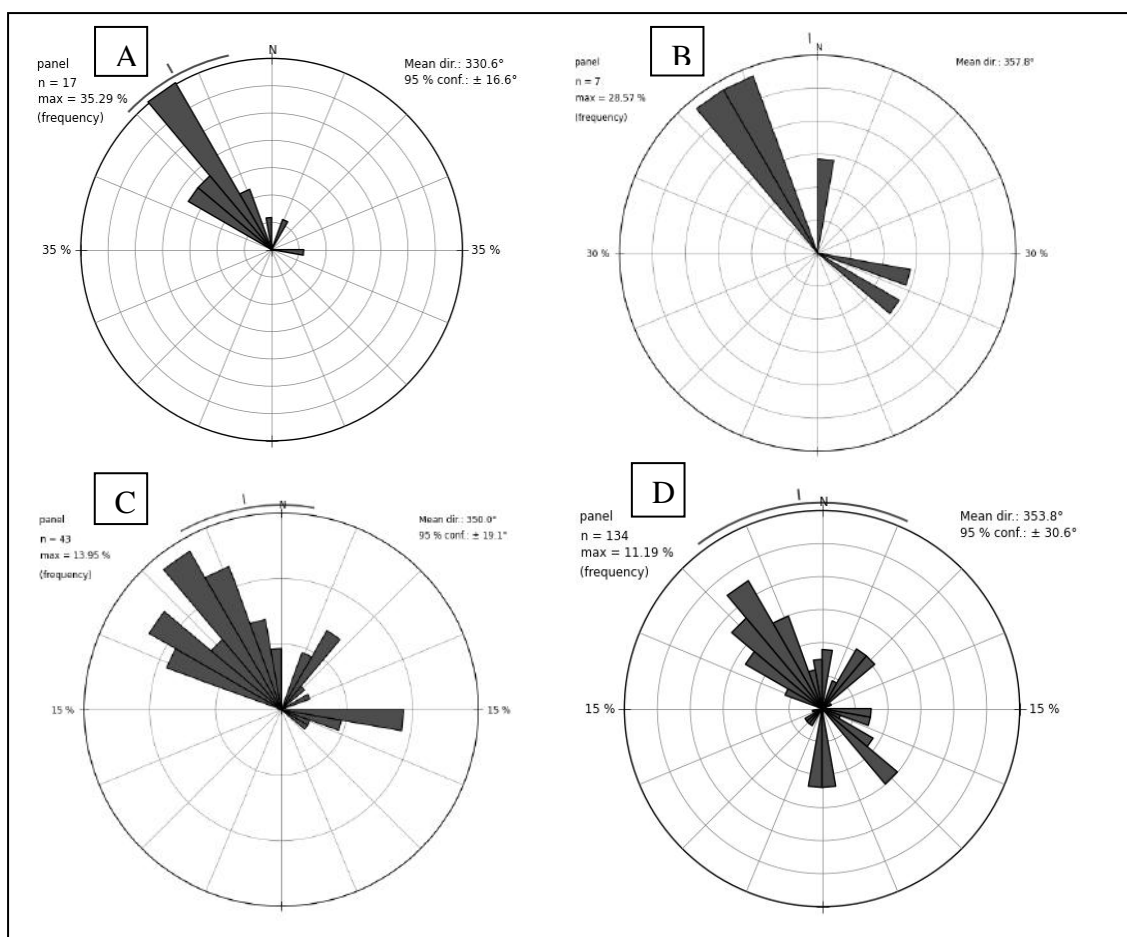


Figura 24. Paleocorrentes registradas nos três perfis em estratificação cruzada do tipo A) planar tabular, B) planar de baixo ângulo e C) acanalada. D) Paleocorrente de estruturas cruzadas e de marcas de onda, de toda a área de estudo.

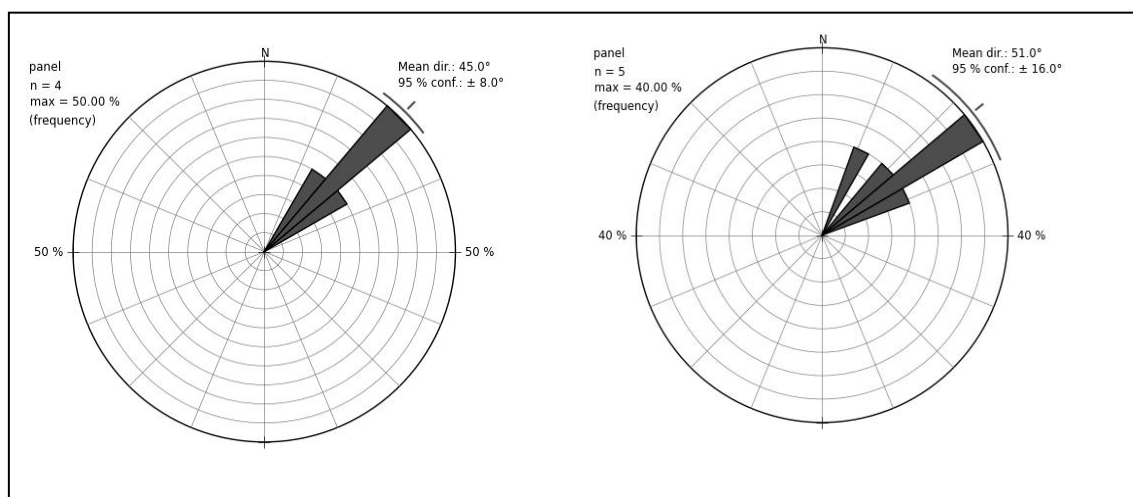


Figura 25. A) Sentido de corrente definida por marcas de sola e B) direção de lineação de partição, registradas no Perfil 2.

5. Conclusões

O levantamento de perfis estratigráficos detalhados mostrou que a base da Formação Tiradentes pode ser subdividida em três associações de litofacies que representam um paleoambiente litorâneo raso com depósitos fluvio-litorâneos e de praia (associação 1), de praia e face de praia superior, média e inferior (associações 2 e 3).

A associação 1 é composta por arenitos grossos seixosos em camadas espessas com estratificação cruzada acanalada (Perfil 1) e com laminação plano-paralela (perfis 2 e 3). Estes depósitos são intepretados como de rios entrelaçados rasos que distribuam sedimentos para o litoral e como sedimentos de praia, respectivamente.

Na associação A2 predominam arenitos médios formando ciclos ou estratos compostos de tipo marcas de onda-estratificação cruzada acanalada, exceto no Perfil 2 onde predominam ciclos marca de onda-laminação plano-paralela. Estes ciclos são interpretados como pulsos transgressivos em que face de praia avança sobre a praia.

A associação A3 foi definida pela presença de arenitos com estratificação cruzada *hummocky*, abundante no Perfil 1. Os ciclos dominantes hummocky-marcas de onda caracterizam ambiente de face de praia inferior em períodos de tempestade.

O empilhamento das associações de litofacies (face de praia inferior sobre face de praia superior, esta sobre a praia e depósitos fluvio-litorâneos) mostra o avanço das facies em direção ao continente, caracterizando uma sequência transgressiva. O predomínio de paleocorrentes para norte (noroeste, nordeste) e de cristas de marcas de onda de direção NE-SW indicam uma linha de costa NE-SW com o continente a norte. Esta sequência constitui o depósito sedimentar basal da Formação Tiradentes, formação esta interpretada como parte do Rift Espinhaço, Mesoproterozoico. As associações de litofacies mostram uma região afastada de falhas importantes mas que respondiam ao tectonismo com avanço das facies registrando subsidência da bacia. Além dos pulsos transgressivos, vulcões de areia também registram o tectonismo pois são gerados por ondas de choque durante os terremotos.

6. Referências Bibliográficas

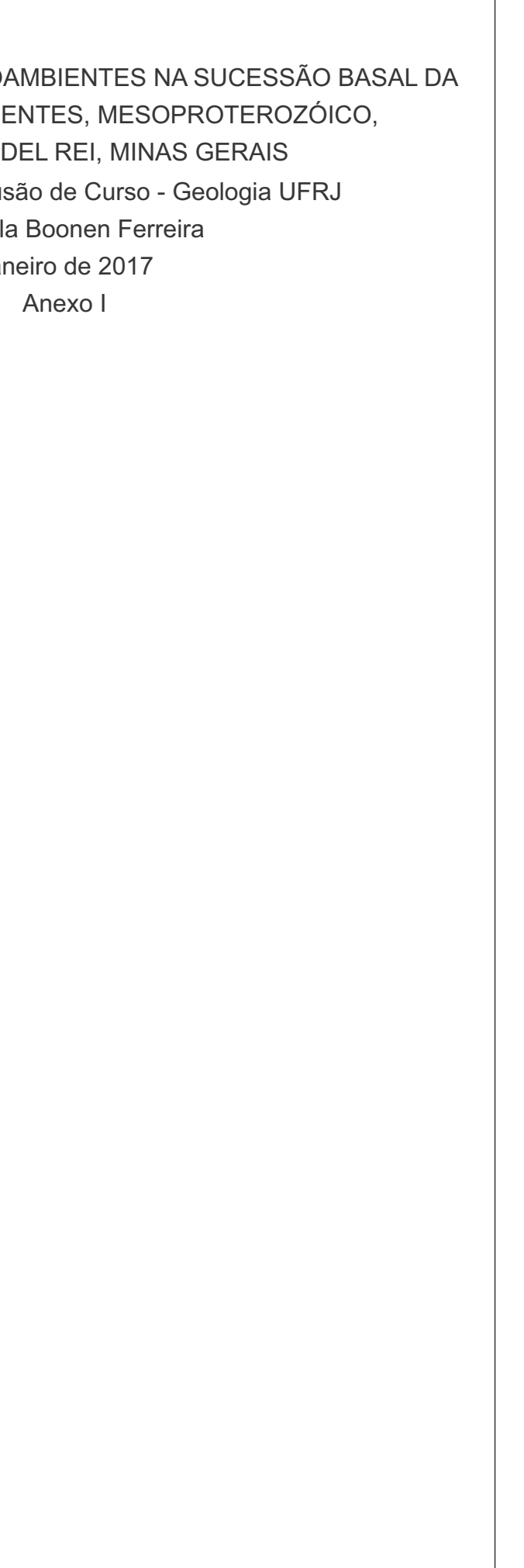
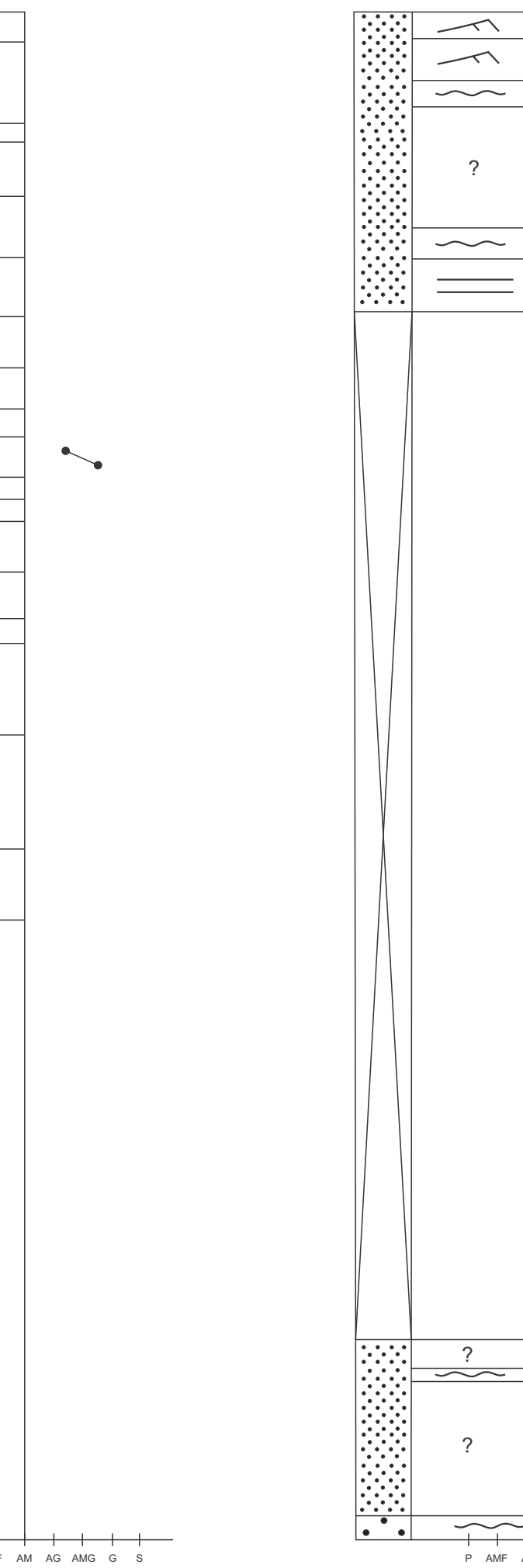
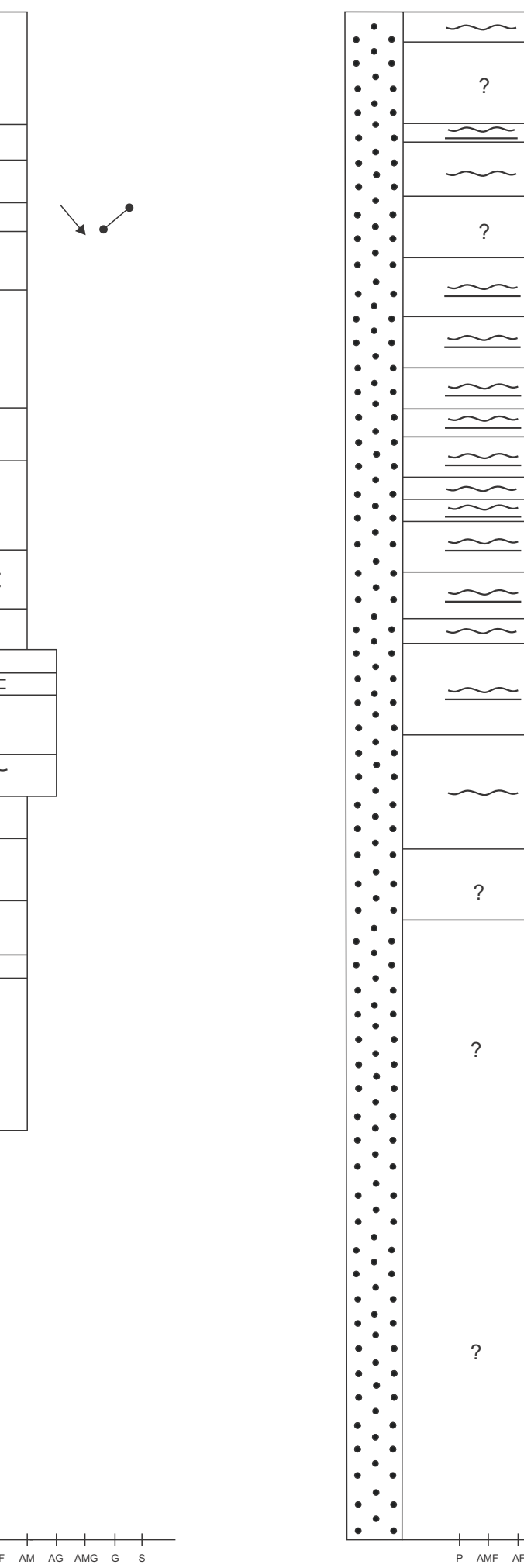
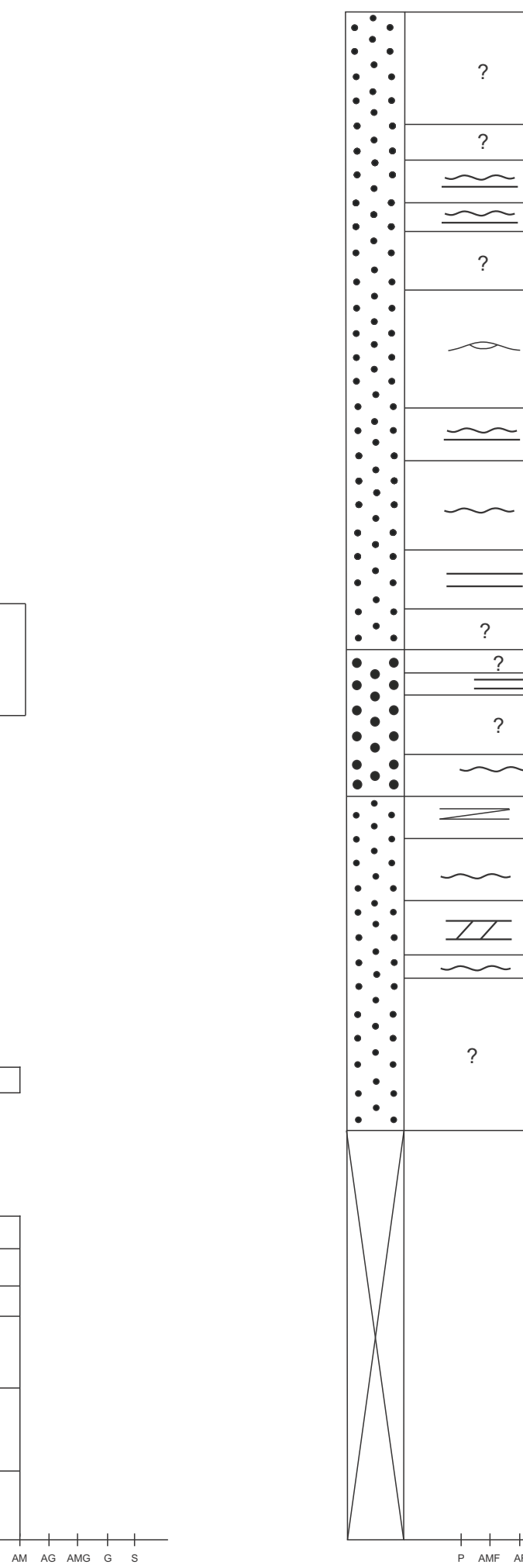
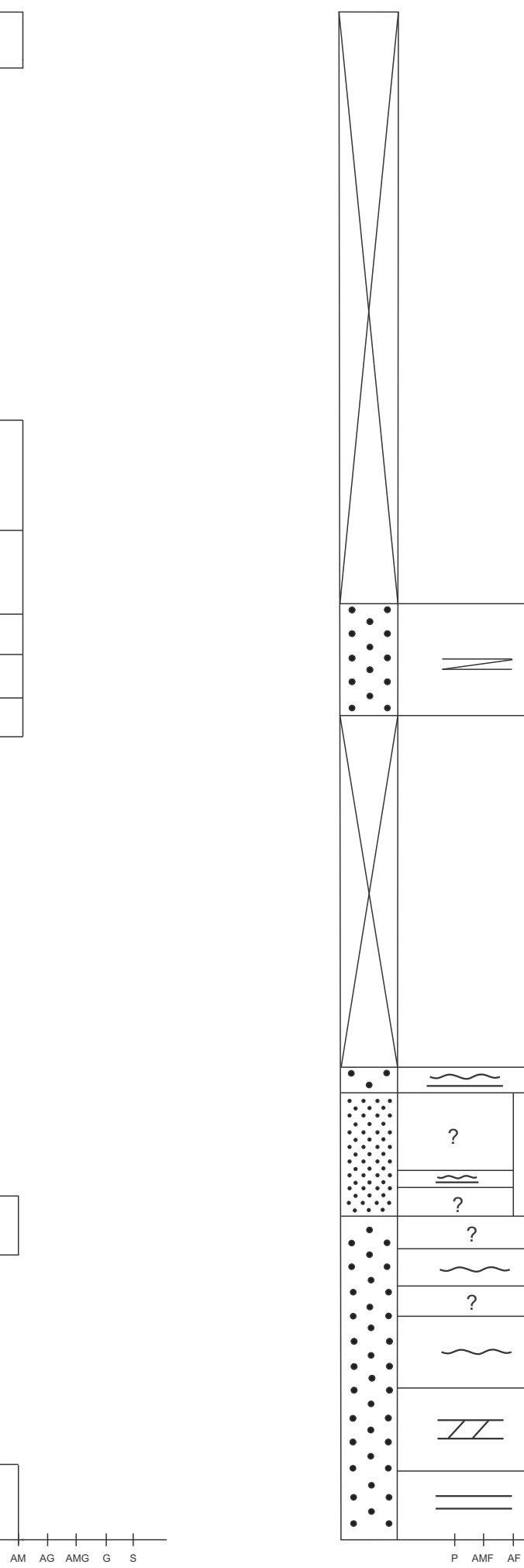
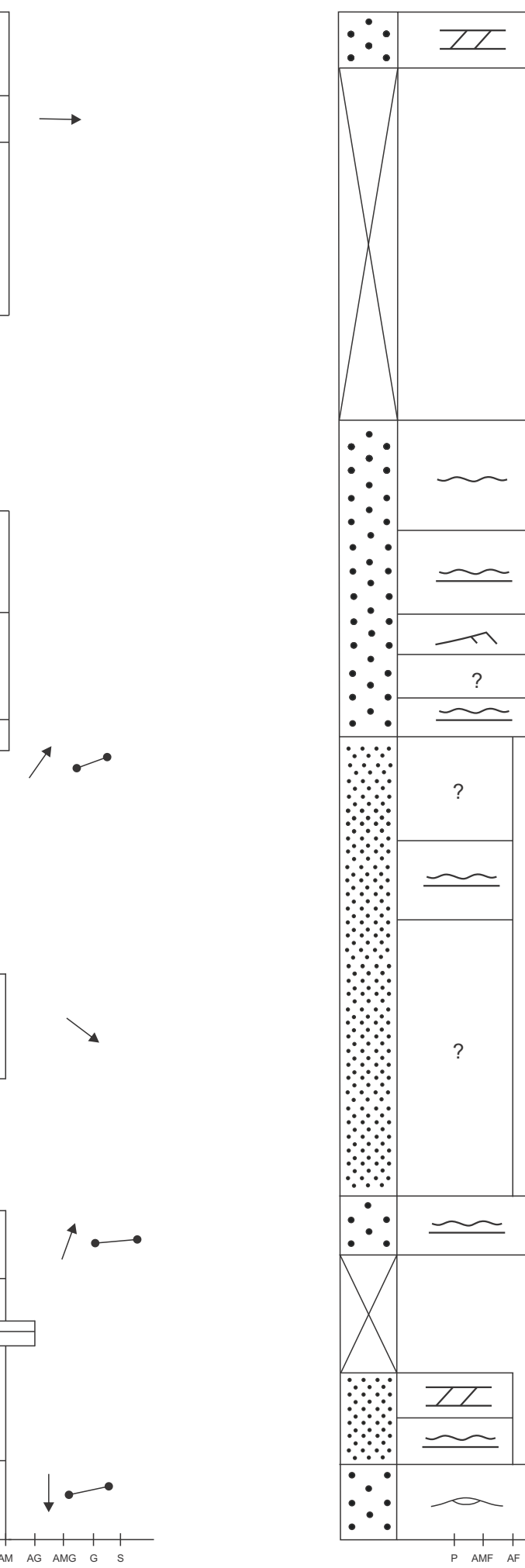
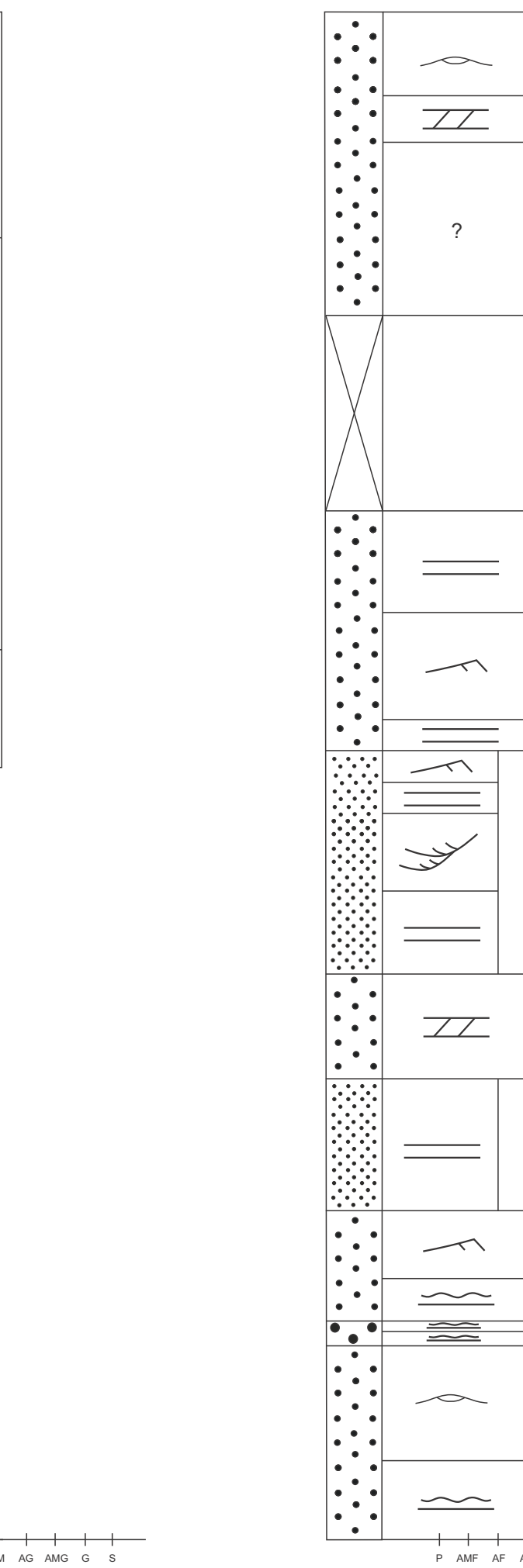
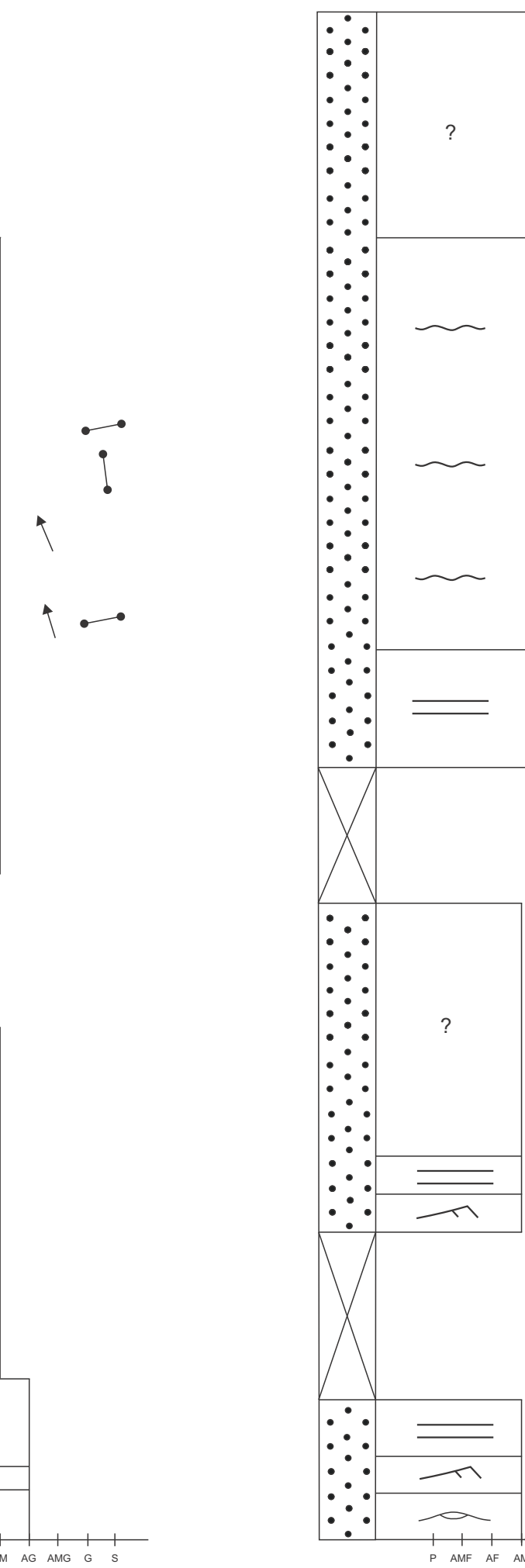
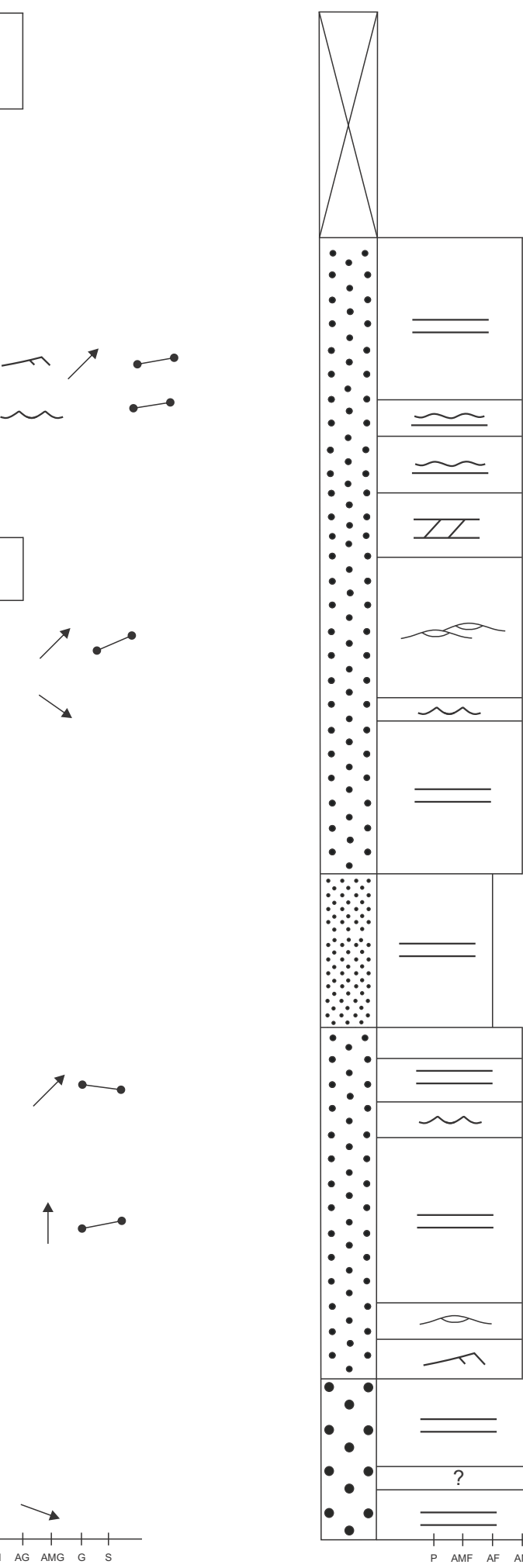
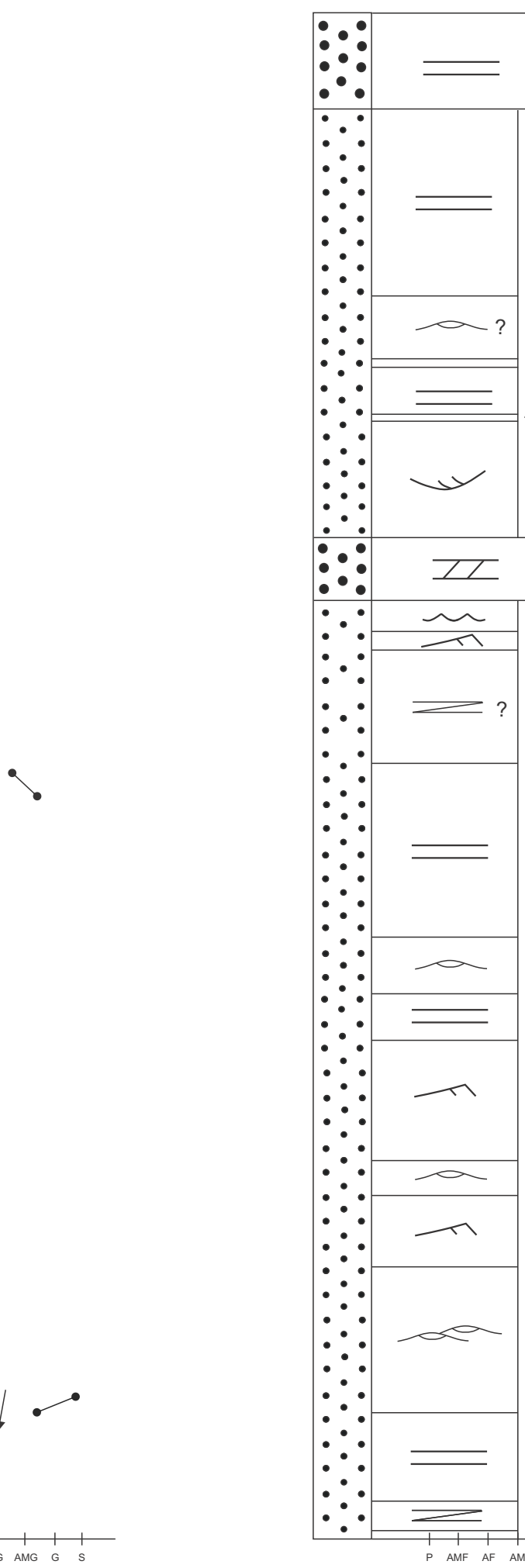
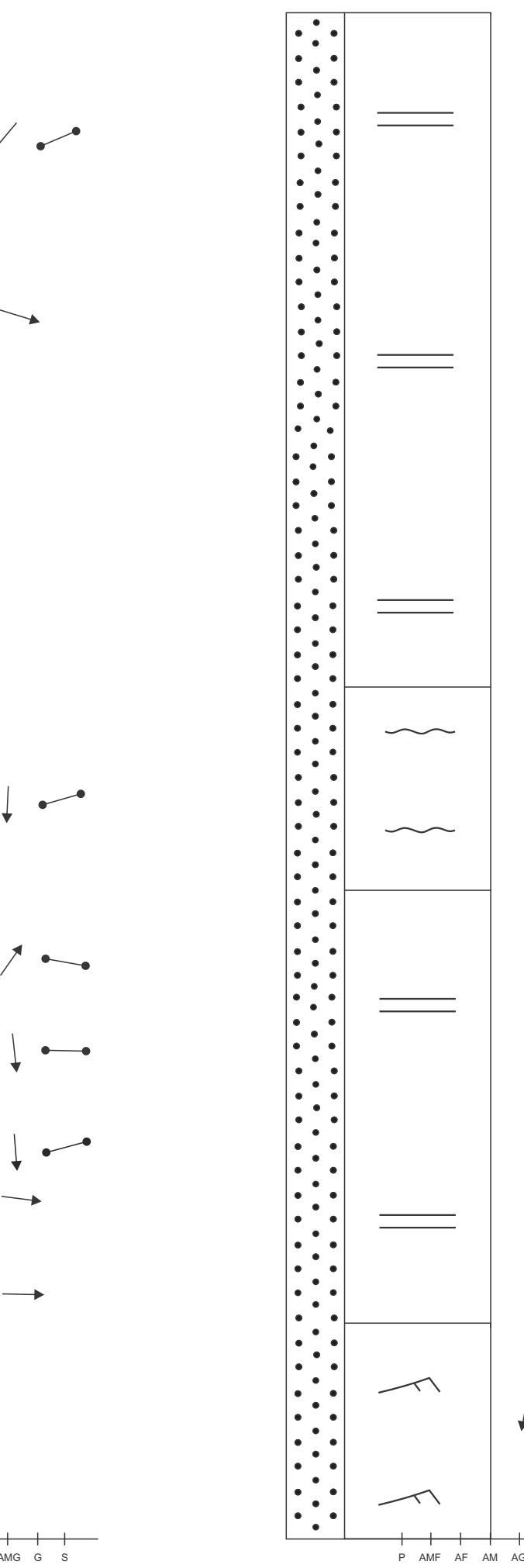
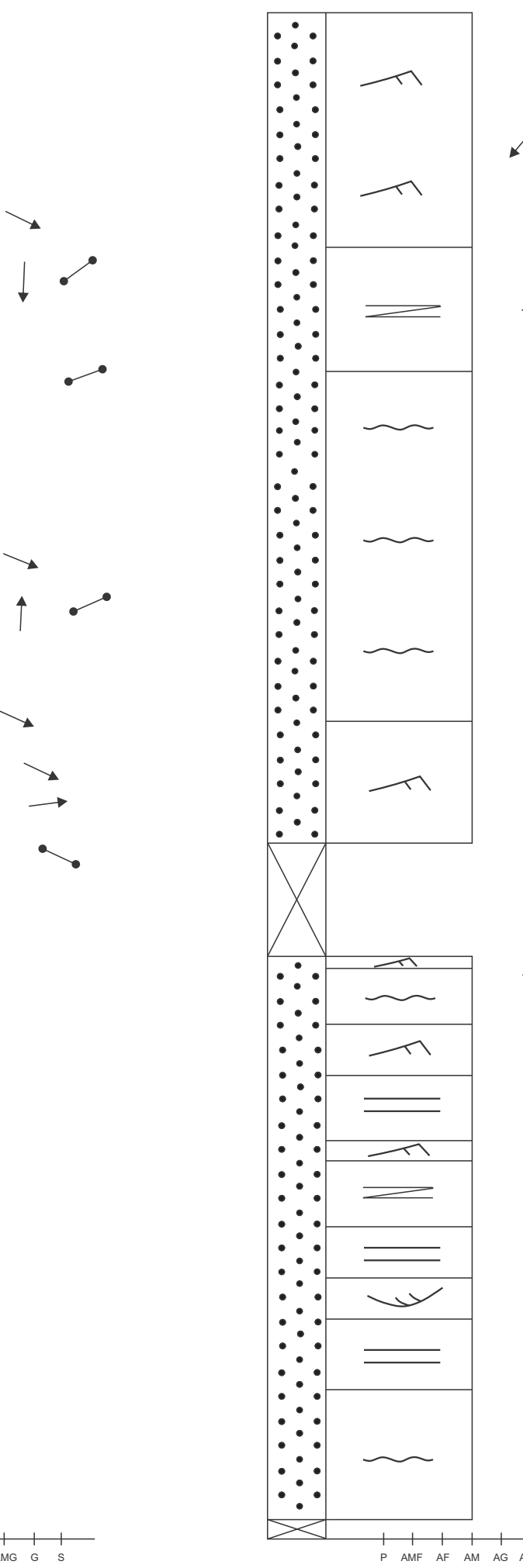
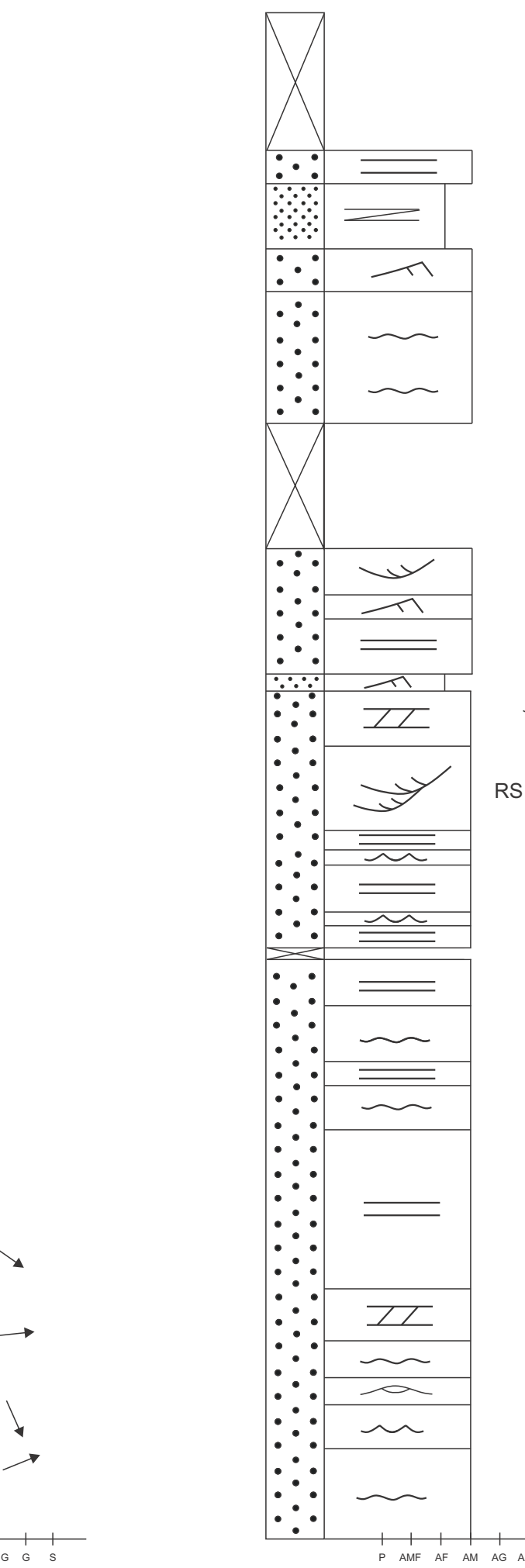
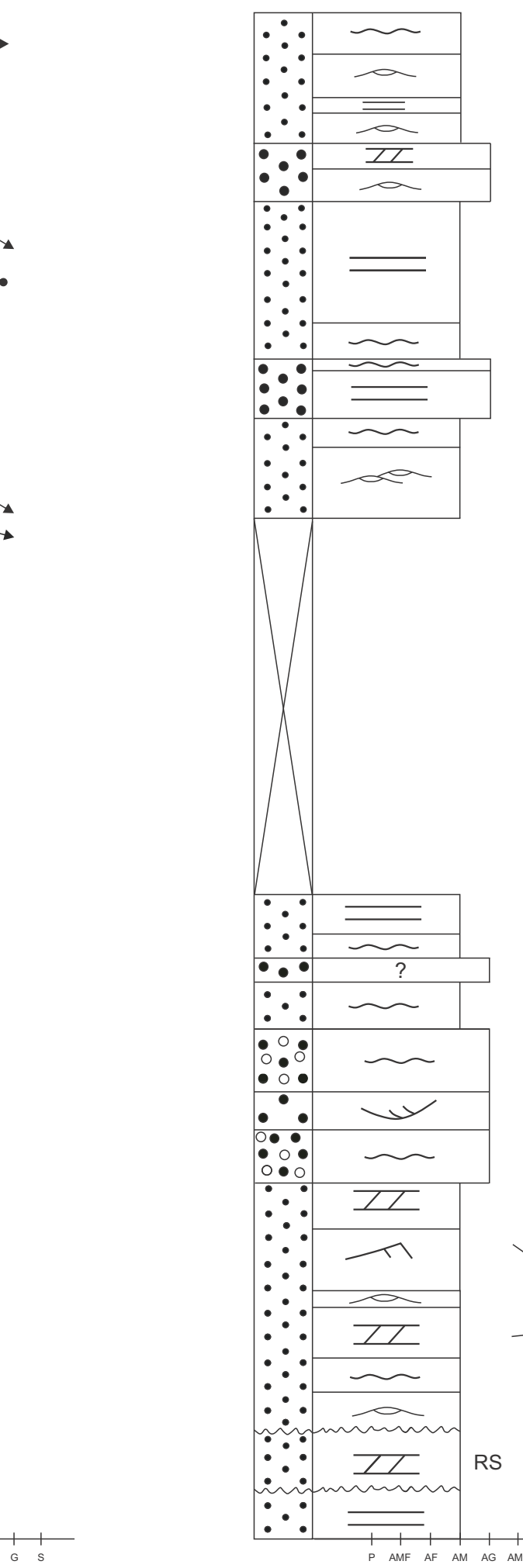
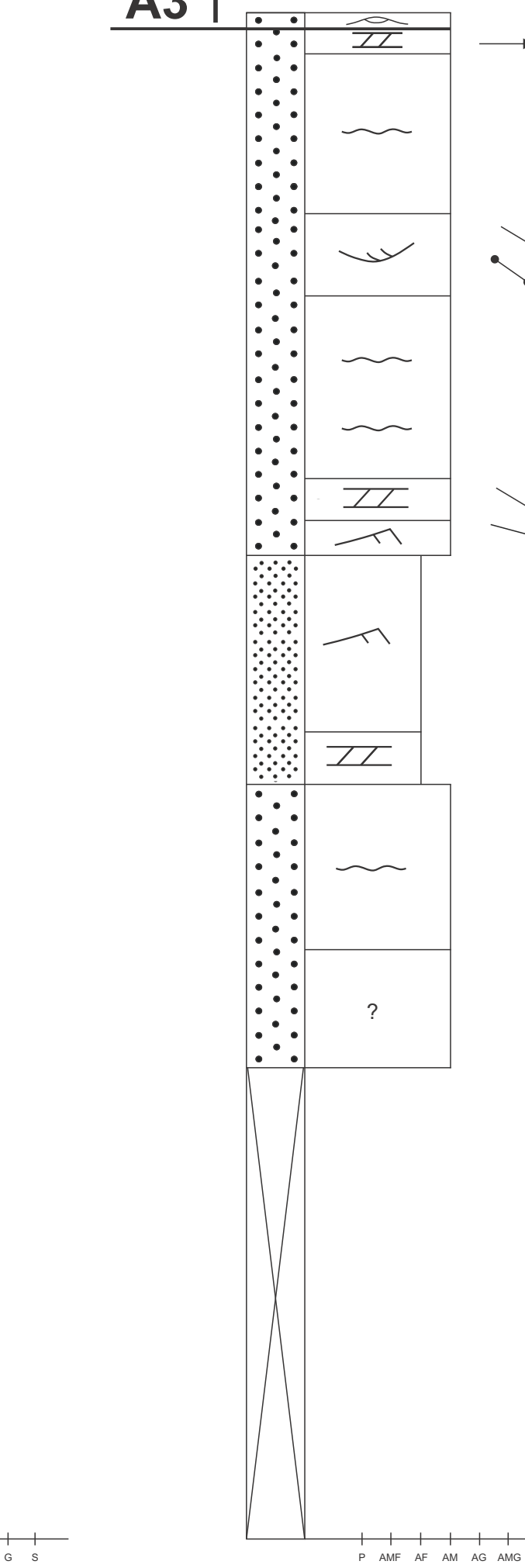
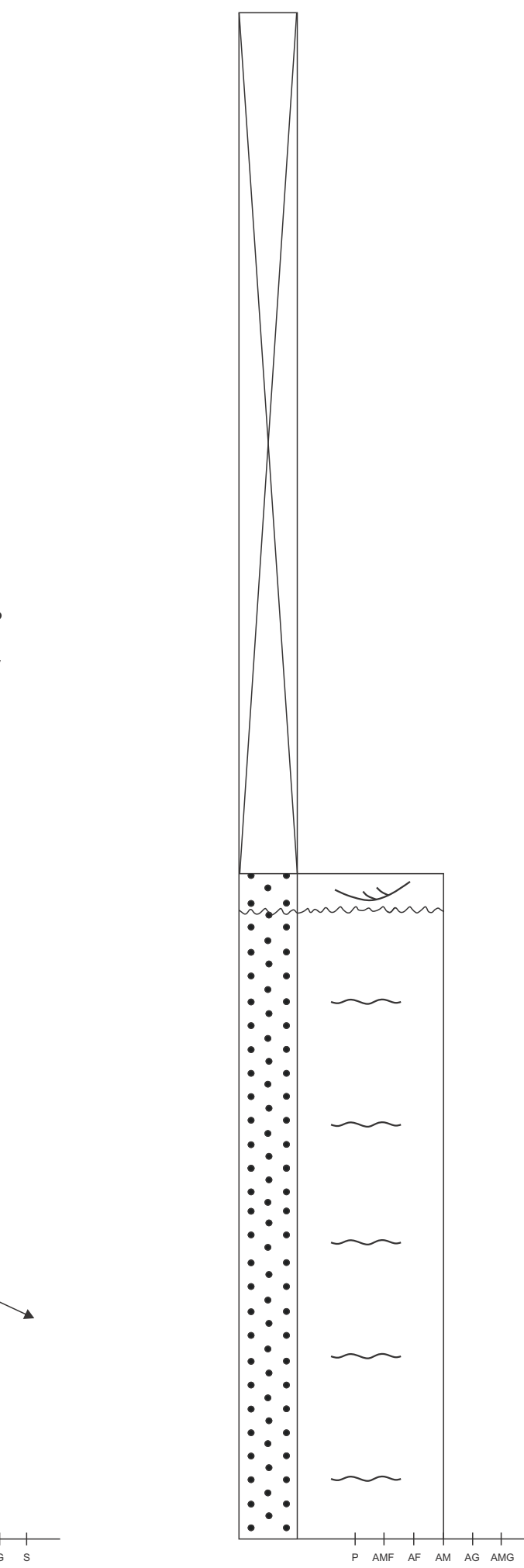
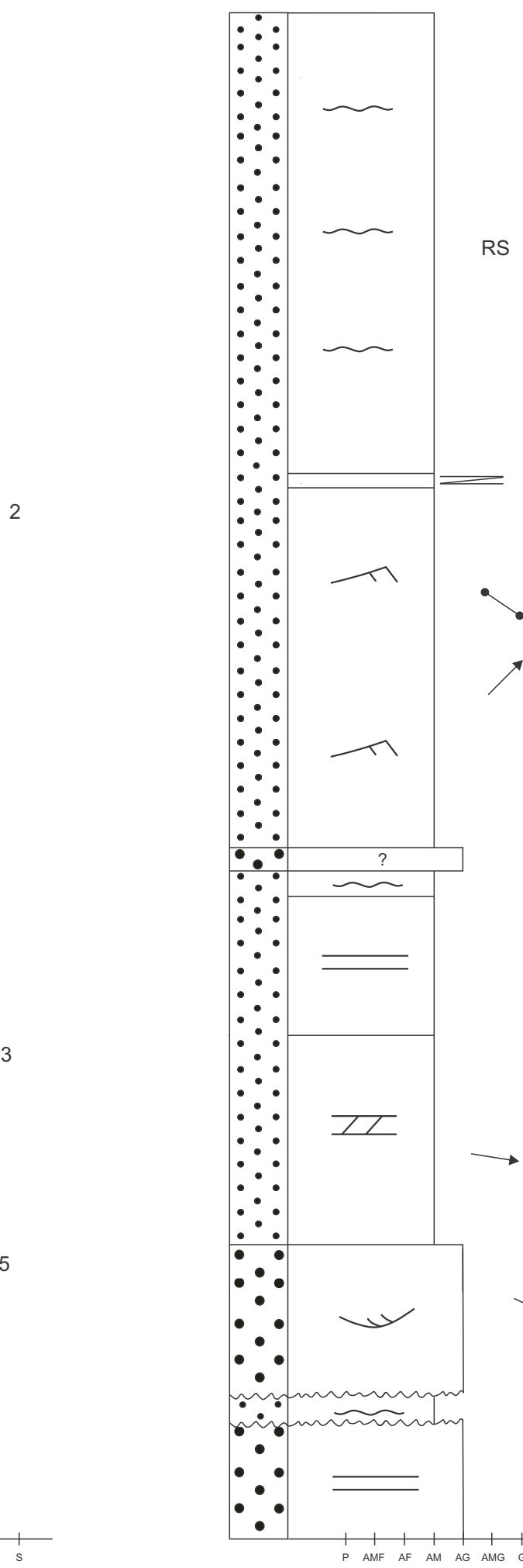
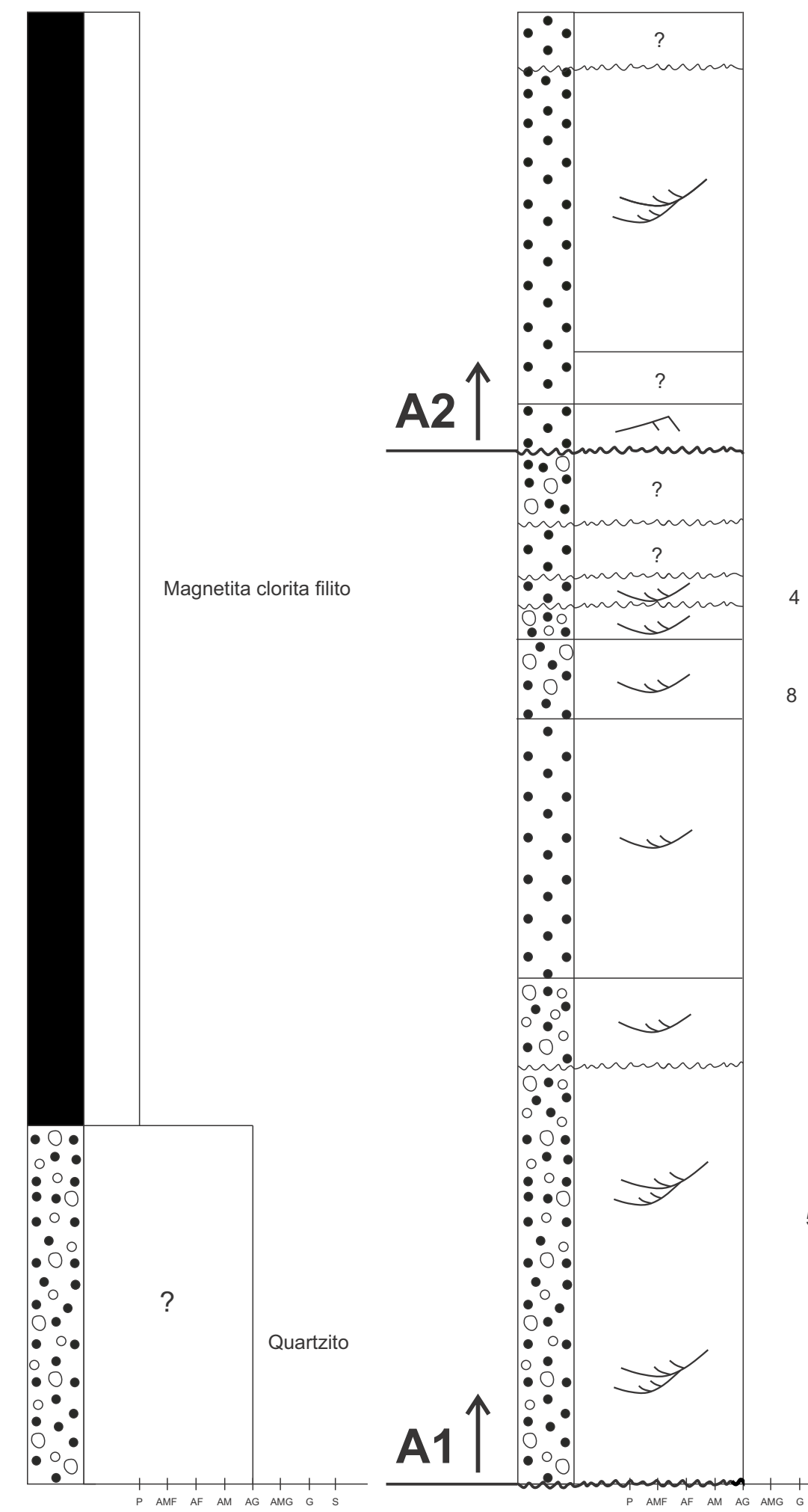
- ALKMIM, F.F. (2004) O que faz um cráton? O Cráton do São Francisco e as revelações almeidianas ao delimitá-lo. In: BARTORELLI, A.; CARNEIRO, C.D.R.; BRITO NEVES, B.B. (Coords.), Geologia do continente sul-americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. São Paulo: Beca, p. 18-35.
- ANDREIS, R.R.; RIBEIRO, A. & PACIULLO, F.V.P. (1989a) Ciclos deposicionais no Proterozóico das Folhas Barbacena e Divinópolis (setor sul), 1:250.000. Simpósio de Geologia do Sudeste 1, Boletim de Resumos: 97-98, Rio de Janeiro, RJ.
- ANDREIS, R.R.; PACIULLO, F.V.P. & RIBEIRO, A. (1989b) Caracterização preliminar de Ciclos Depositionais Proterozóicos do Sudeste de Minas Gerais (Folhas Barbacena e Divinópolis, 1:250.000)., Simpósio de Geologia do Sudeste 1, Boletim de Resumos: 101-102. Rio de Janeiro, RJ.
- ASHLEY, G. M. (1990) Classification of large-scale subaqueous bedforms: a new look at an problem. *Journal of Sedimentary Petrology* 60: 160-172.
- ÁVILA, C.A., TEIXEIRA, W., CORDANI, U.G., MOURA, C.A.V., PEREIRA, R.M., (2010) Rhyacian (2.23–2.20 Ga) juvenile accretion in the Southern São Francisco Craton, Brazil: Geochemical and isotopic evidence from the Serrinha magmatic suite, Mineiro belt. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 29, p. 464-482.
- BELÉM, J.; PEDROSA-SOARES, A.C.; NOCE, C.M.; SILVA L.C.; ARMSTRONG R.; FLECK A.; GRADIM, C. & QUEIROGA, G. (2011) Bacia precursora versus bacias orogênicas: exemplos do Grupo Andrelândia com base em datações U-Pb (LA-ICP-MS) em zircão e análises litoquímicas. *Geonomos*, 19 (2): 224-243.
- BOGGS Jr., Sam. (1992) *Petrology of Sedimentary Rocks*. Macmillan Publishing Company, New York. 707 p.
- COLLINSON, J.D. & THOMPSON, D.B. (1982). *Sedimentary Structures*. George Allen & Unwin Eds., London. 194p.
- DAVIS Jr., R. A. (1983). *Depositional systems – a genetic approach to sedimentary geology*. Prentice-Hall International, 669p.

- EBERT, H. (1957) Aspectos principais da geologia de São João del Rei, Estado de Minas Gerais. Relatório inédito da PROSPEC, 120p. Publicado "in memoriam" pela SBG, Núcleo São Paulo. Publicação 12/1984: 1-71.
- GUIMARAES, D. (1931) Contribuição a geologia do Estado de Minas Gerais. Serviço Geológico Mineralógico do Brasil, Boletim 55, 36p. Rio de Janeiro, DF.
- KARFUNKEL, J. & NOCE, C.M. (1983) Desenvolvimento faciológico do pré cambriano superior da região de Carandaí-São João del Rei, Minas Gerais. Anais do Simpósio de Geologia de Minas Gerais, 2, Boletim 3, p.16-29. Belo Horizonte, MG.
- LEONARDOS, O.H. (1940). Tilito Metamórfico de Carandaí, Minas Gerais. Anais da Academia Brasileira de Ciências, v.12 (4): 243-259. Rio de Janeiro, DF.
- MIALL, A.D. (1996). The geology of fluvial deposits. Sedimentary facies, basin analysis, and Petroleum Geology. Springer, New York. 582p.
- NICHOLS, G. (2013). Sedimentology and Stratigraphy. Blackwell, London. 2nd Edition. 432p.
- NOCE, C.M. (1987a) Estudo geológico-estrutural do Grupo São João del Rei na região de Tiradentes-Barroso-Barbacena, MG e considerações sobre seu embasamento. Dissertação de mestrado, inédito, 156p., IGEO-UFRJ, Rio de Janeiro, RJ.
- OLIVEIRA, A.I. & LEONARDOS O.H. (1943) Geologia do Brasil. Serviço de Informação Agrícola, Ministério da Agricultura, Série Didática 2 (2º ed.), Rio de Janeiro, 813 p.
- PACIULLO F.V.P., RIBEIRO A., ANDREIS, R. R., TROUW, R.A.J. 2000. The Andrelândia Basin, a Neoproterozoic intra-plate continental margin, southern Brasília belt. Rev. Bras. Geoc., 30: 200-202.
- RIBEIRO, A.; TROUW, R.A. J.; ANDREIS, R. R.; PACIULLO, F.V.P.; VALENÇA, J.G. (1995) Evolução das bacias Proterozóicas e o Termo-tectonismo Brasileiro na margem sul do Cráton do São Francisco. Revista Brasileira de Geociências.
- RIBEIRO, A., (1997). Estratigrafia e paleoambientes nas sucessões metassedimentares proterozoicas das serras do Lenheiro e São José, São João del Rei, Sul de Minas Gerais. Unpublished Doctor Thesis, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 167 pp.
- RIBEIRO, A.; ÁVILA, C.A.; VALENÇA, J.G.; PACIULLO, F.V.P.; TROUW, R.A.J. (2003). Geologia da Folha São João del Rei 1:100.000. In: Pedrosa-Soares, A.C., Noce, C.M., Trouw, R., Heilbron, M. (Eds.), Projeto Sul de Minas, Etapa I: Geologia e

- Recursos Minerais do Sudeste Mineiro. Companhia Mineradora de Minas Gerais, pp. 521–622. 2003a
- RIBEIRO, A.; TEIXEIRA, W.; DUSSIN, I. A.; NASCIMENTO, D. (2013). U–Pb LA-ICP-MS detrital zircon ages of the São João del Rei and Carandaí basins: New evidence of intermittent Proterozoic rifting in the São Francisco paleocontinent. *Gondwana Research* 24: 713-726.
- TEIXEIRA W.; SABATÉ P., BARBOSA J.; NOCE C. M. & CARNEIRO M. A. (2000) Archean and Paleoproterozoic tectonic evolution of the São Francisco Craton. In: U.G. Cordani, E.J. Milani, A. Thomaz Filho, D.A. Campos, D. A. (eds.) *Tectonic Evolution of South America*. Rio de Janeiro, p. 101-138.
- TROUW, R.A.J.; RIBEIRO, A. & PACIULLO, F.V.P. (1983) Geologia Estrutural dos Grupos São João del Rei, Carrancas e Andrelândia, sul de Minas Gerais. *Anais da Acad. brasil. Ciênc.* 55(1), p.71- 85. Rio de janeiro, RJ.
- TROUW R.A.J., PETERNEL R., RIBEIRO A., HEILBRON M., VINAGRE R., DUFFLES P., TROUW C. C., FONTAINHA M., KUSSAMA H.H. (2013) A new interpretation for the interference zone between the Southern Brasília Belt and the Central Ribeira Belt, SE Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 48:43-57.
- VALLADARES, CS; MACHADO, N.; HEILBRON, M. & GAUTHIER, G. (2004). Ages of detrital zircon from siliciclastic successions south of the São Francisco Craton, Brazil: implication for the evolution of proterozoic basins. *Gondwana Research* 7 (4), 913-921.
- VALERIANO, C.M. (1985) Geologia estrutural e estratigrafia do Grupo São João del Rei. Dissertação de mestrado, 83 p., inédito, IGEO-UFRJ, Rio de Janeiro, RJ.
- VALERIANO, C.M.; MACHADO, N.; SIMONETTI, A.; VALLADARES, C.S.; DEER, H.J. & SIMÕES, L.S.A. (2004) U-Pb geochronology of the southern Brasília belt (SE-Brazil): sedimentary provenance, Neoproterozoic orogeny and assembly of west Gondwana. *Precambrian Research*, 130: 27-55.

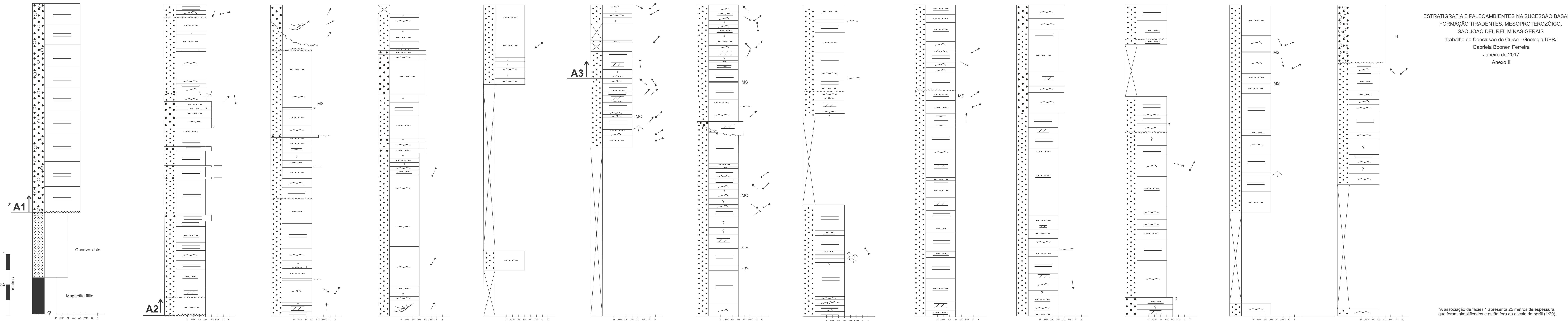
7. Anexos

Perfil 1

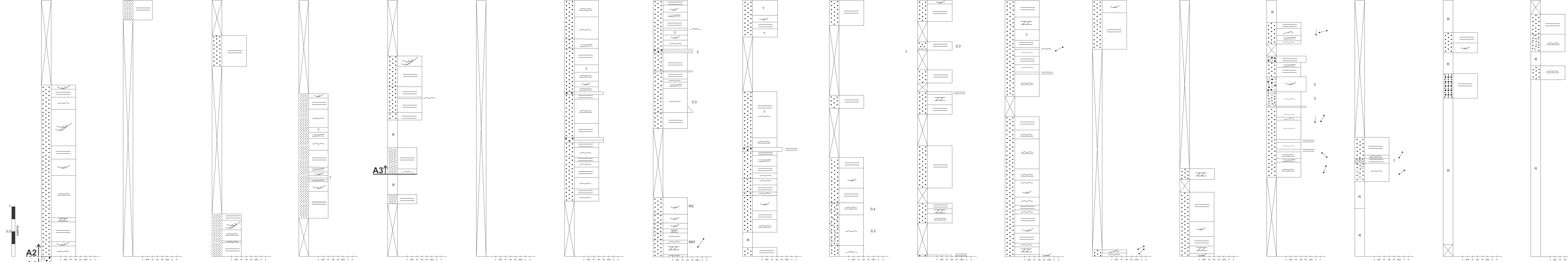


ESTRATIGRAFIA E PALEOAMBIENTES NA SUCESSÃO BASAL DA
FORMAÇÃO TIRADENTES, MESOPROTEROZÓICO,
SÃO JOÃO DEL REI, MINAS GERAIS
Trabalho de Conclusão de Curso - Geologia UFRJ
Gabriela Boonen Ferreira
Janeiro de 2017
Anexo I

Perfil 2



Perfil 3



ESTRATIGRAFIA E PALEOAMBIENTES NA SUCESSÃO BASAL DA
FORMAÇÃO TIRADENTES, MESOPROTEROZÓICO,
SÃO JOÃO DEL REI, MINAS GERAIS

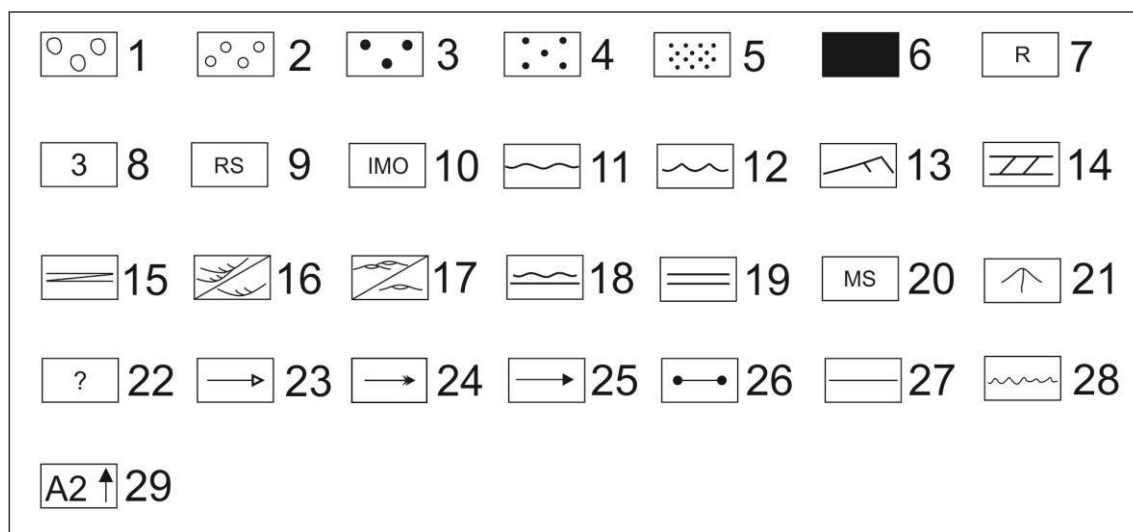
Trabalho de Conclusão de Curso – Geologia UFRJ

Gabriela Boonen Ferreira

Anexo IV

Janeiro de 2017

Legenda dos perfis estratigráficos detalhados



Arenito: 1- seixoso, 2- com grânulos, 3- grosso, 4- médio e 5- fino; 6- Filito; 7- Arenito recristalizado; 8- Tamanho do maior grão em centímetros 9- Superfície de reativação; 10- Interferência de marca de onda. Marcas de onda 11- indeterminada; 12- simétrica (onda); 13- assimétrica (corrente). Estratificação cruzada: 14- planar tabular, 15- planar de baixo de ângulo, 16- acanalada, 17- *hummocky*; 18- Laminação plano-paralela com marca de onda no topo; 19- Laminação plano paralela; 20- Marca de sola; 21- Vulcão de areia; 22- Estrutura maciça ou não identificada. 23- Lineação de partição, 24- Paleocorrente registrada na marca de sola; 25- Sentido de paleocorrente; 26- Crista de marca de onda; Contatos do tipo 27- planar, 28- irregular e/ou erosivo; 29- Base de associação de facies.